السبرنتيك

فكر مُبدع يجسّد وحدة الطَبيعة

الدكتور المهندس : مظفر شعبان
المهندس : سمير شعبان

منشورات وزارة الثقافة
في الجمهورية العربية السورية
دمشق ١٩٩١

الاشراف الفني : زهـير الحـمو

السبرنتيك

فكر مبدع يجسد وحدة الطبيعة

العلوم

٥

السبيرنتيك فكر مبدع يجسد وحده الطبيعة / مظفر شعبان ،
سمير شعبان . ـ دمشق : وزاره الثقافة ، ١٩٩١ . ـ
٣٢١ ص ؛ ٢٤ سم . ـ (العلوم ؛ ٥) .

١ ـ ٥٣ر٠٠١ ش ع ب س ٢ ـ العنوان ٢ ـ شعبان
٤ ـ شعبان ٥ ـ السلسله

مكتبة الأسد

الايداع القانوني : ع ـ ١٩٩١/١/٣٦

مقدمة المؤلفين

كان مؤلفو قصص الخيال العلمي يتصورون أن الآلات ستقوم بجميع الأعمال في مجتمع المستقبل أما دور الإنسان فسوف يقتصر على ملاحظة عمل هذه الآلة أو تلك الآلة، والضغط على الأزرار المناسبة لضمان سير العمل الطبيعي .

وحتى عهد قريب كانت كلمة «آلة» تستعمل للدلالة على أي جهاز يقوم بتحويل الطاقة من شكل إلى آخر ، كالمحرك البخاري أو العنفة الغازية ، وكذلك على الأدوات التي يمكن بواسطتها تغيير شكل المواد وخواصها وحالتها (مثل آلات تشكيل المعادن، آلات النسيج، آلات النقل . . . . الخ) .

هكذا عرفنا الآلة ، ونعرفها ، وسنبقى نعرفها، وسيبقى تصورنا لها أنها تبذل عملاً أو تحول طاقة ، حتى إذا مارست عملاً ذهنياً فهي حينئذ الآلة الحاسبة .

في القرن السابع عشر انفجرت الثورة الصناعية الأولى ، يومها تقدمت « الآلة » وعمت استخداماتها شتى جوانب الحياة . . . كانت

الثورة الصناعية الأولى بداية عصر الآلة . . . بداية « المكننة » ، بعدها تطورت الآلات ، وأصبحت تؤدي مهاماً بدنية معقدة وصعبة ليس في مقدور الانسان ولا الحيوان القيام بها ، وبواسطة هذه الآلات تمكن الانسان من اعمار الأرض ومن السيطرة على موارها فسخرها لأغراضه ، وتوصل إلى الطيران الأسرع من الصوت ثم نجح أخيراً في الخروج من نطاق الجاذبية الأرضية بواسطة الصواريخ الضخمة وبذلك بدأ عصر الفضاء .

ومع تطور الآلة كبر حجمها وتعددت أجزاؤها وأصبح تشغيلها معقداً . . . .

لذا وجب ادخال « الأتمتة » وبذلك لم يعد من الضروري وجود الانسان وراء الآلة، فالآلة أصبحت قادرة على القيام بعدة عمليات متتالية بشكل اوتوماتيكي ، تلقائي ، وتحول دور الانسان إلى الاشراف على عمل الآلات ومراقبتها .

ومع أن « المكننة » ثم « الأتمتة » خففت كثيراً من الأعباء العضلية للانسان ، إلا أنه ظل محتاجاً إلى « تشغيل » ذهنه مراقباً للآلة ، وضاغطاً على « الأزرار » المناسبة لضمان سير العمل الطبيعي ، وهكذا بقي الانسان وراء الآلة مفكراً على الرغم من راحة عضلاته ، ولكن لماذا لايرتاح « ذهن » الانسان كما ارتاحت عضلاته ؟ ألا يمكن التوصل إلى آلات تحل محل عضلات الانسان وفكره ؟ ألا يمكن مكننة الوظائف العقلية للانسان ؟

كانت هذه التساؤلات وغيرها هي التي قادت إلى «السيبرنتيك».

إن مكننة العمل الذهني التي تشهدها الانسانية في أيامنا هذه يمكن أن نسميها ، بكل مافي الكلمة من معنى ، ثانية الثورات الصناعية في تاريخها ، ولايكف العلماء اليوم عن محاولاتهم الطموحة لبناء الآلات السبيرنتيكية التي ستقوم دفعة واحدة بكل الأعمال الروتينية الذهنية للمهندس والطبيب والجيولوجي وعالم الطبيعة وغيرهم .

إن عصر مكننة العمل الذهني لم يعد مجرد حلم أو معادلات رياضية عامة ، بل أصبح حقيقة بدأت تظهر آثارها السياسية والاجتماعية في كثير من بلدان العالم ، ولم يعد يخلو بحث سياسي أو اقتصادي جاد من الاشارة إليه تحت اسم « الثورة المعاصرة في العلم والتكنولوجيا » والجمل السبيرنتيكية المشبعة بالآلات الحاسبة السريعة تتحكم بالانتاج وتقوم بالأعمال المكتبية وتعالج نتائج التجارب العلميةوتتنبأ بالطقس وتترجم من لغة إلى أخرى وتعاين المرضى وتضع برامج القطارات وتقوم بتعليم طلاب المدارس وتنظم الشعر وتلعب الشطرنج وغيرها كثير .

فاذا كان ابتكار الآلات التي حلت محل العمل البدني للانسان والحيوان قد قفز بالمجتمع البشري من حيث قدرته الانتاجية ، مما أدى إلى تغييرات في العلاقات الانتاجية وأشكال المجتمعات ، وإذا كانت البشرية قد تخطت في الأعوام الـ ٣٠٠ الماضية ذلك الطريق الذي بدأ بالآلات البخارية البسيطة ليصل إلى المحركات التي تعمل بالطاقة الذرية ، وإلى طيران يفوق سرعة الصوت ، وإلى تدشين عصر غزو الفضاء الكوني ، فان مكننة أجزاء واسعة من العمل الذهني التي تتم اليوم تحت لواء النظرية

العامة للتحكم * (السيبرنتيك) وبواسطة الحاسبات الالكترونية ستعني بالتأكيد وقوع انقلاب شامل في حياة المجتمع البشري يختلف كلياً حتى عن الانقلابات السابقة التي صاحبت اكتشاف الزراعة أو الثورة الصناعية الأولى ، ويميل العلماء إلى تقسيم تاريخ البشرية إلى : مرحلة ماقبل الآلة ، ومرحلة مكننة العمل اليدوي ، ثم مرحلة مكننة العمل الذهني .

ولكن . . . ماهو السيبرنتيك ؟

إن الاجابة على هذا السؤال تمثل الهدف الأساسي لهذا الكتاب .

ومع أن القارىء مطالب بالاطلاع على محتوى الكتاب كي يفهم هذا العلم الحديث ، إلا أننا نود هنا أن نشير إلى أن السيبرنتيك ليس علماً مستقلاً كالجغرافيا أو الكيمياء . . . بل هو علم يتقاطع مع عدد كبير جداً من العلوم ، إن لم نقلها كلها ، فالسيبرنتيك يهتم بدراسة عمليات الاتصال (أي تلقي المعلومات واستيعابها) والتحكم (أي استعمال هذه المعلومات لتوجيه العمل في نظام معين) وفي كل من الآلة والكائنات الحية (بما في ذلك الانسان) ، كما ويهتم باكتشاف أوجه الشبه بين هذه العمليات في الجمل البيولوجية ومثيلاتها في الجمل الفيزيائية ، أي في الجمل الحية والجمل غير الحية ، ومن هذا المنطلق نرى أن السيبرنتيك يدرس

(*) يعرف السيبرنتيك بأنه علم « التحكم » ويقصد بالتحكم هنا تنظيم مجموعة أعمال مخصصة لتحقيق هدف محدد ، وتجدر الاشارة إلى أن كلمة Control الانكليزية التي استعملها فينر للدلالة على السيبرنتيك تترجم إلى العربية بكلمة « تحكم » إلا أن الكلمة الانكليزية ذات معان عديدة فهي أحياناً تعني « المراقبة » وأحياناً أخرى « القيادة » وفي أحيان ثالثة تعني « الاشراف والتوجيه » . وعليه فان كلمة « تحكم » يقصد بها Control بكل مافي الكلمة الانجليزية من معان (انظر المرجع العربي رقم ١٢ ، صفحة ٢٣) .

ظاهرة مشتركة بين جميع النظم في الطبيعة مما يكشف وحدتها وتجانسها، أي أن عملية الاتصال والتحكم التي تجري في جميع نظم الطبيعة الحية وغير الحية هي ذاتها . ويعود الفضل إلى العالم الأمريكي نوربرت فينر في اكتشاف هذا التشابه مما مهد الطريق لظهور « السيبرنتيك » .

وقد تغلغل السيبرنتيك في معظم مجالات البحوث العلمية باعتباره عنصراً يصل بين مختلف فروع العلم والمعرفة، وهكذا نجد « السيبرنتيك في الشبكات الكهربائية» وكذلك «السيبرنتيك في الصناعات الكيميائية» « والسيبرنتيك في الطب » وغيرها، وباختصار فان السيبرنتيك ظاهرة تصادفنا لدى الاحتكاك مع « معالجة المعلومات » ، والأتمتة « وتكنولوجيا الاتصالات ، التربية ، « التعليم » ، « البيولوجيا » ، الطب ، الفلسفة ، علم الاجتماع ، الاقتصاد ، وغيرها .

ومن البديهي القول إن نظرية بهذه الشمولية لا يمكن حصرها وشرحها وإظهار أبعادها الكاملة في كتاب كهذا ، ولكن الضرورة تقتضي أن نتعرف على هذا الفكر الجديد الذي أخذ يتطور بسرعة فائقة في العالم المتقدم والذي أصبحت تطبيقاته تعم على النشاطات العلمية كافة .

يتألف الكتاب الحالي من مقدمة وسبعة فصول وخاتمة ، تعتبر الفصول الستة الأولى تمهيداً للفصل السابع الذي يمثل مركز الثقل في الكتاب وهو بعنوان : ماهو السيبرنتيك اذن ؟ وهذا الفصل يمثل خلاصة الكتاب من ناحية كما أنه يقدم الصورة المبسطة للموضوع باعتبار أن ذلك يمثل واحداً من أهم أهداف الكتاب الحالي .

ونود في الختام أن نشير إلى أنه إذا لاحظ القارىء وجود بعض التكرار في الشرح فان ذلك مقصود وليس عرضياً وقد نتج انطلاقاً من ضرورات التبسيط ورغبة منا في تقديم الموضوع ضمن إطار يقبله القارىء العادي ، خصوصاً وان السيبرنتيك مفهوم صعب بحد ذاته وهو يتقاطع مع علوم ومناهج عديدة مما يقتضي استعراض عدد كبير من المفاهيم والمصطلحات التي تتعامل معها فروع المعرفة المختلفة .

والله نسأل أن نكون قد وفقنا إلى شرح واحد من أهم المفاهيم العلمية الحديثة وأعقدها في الوقت ذاته .

المؤلفان

حلب ــ ١٩٨٤

• • •

الفصل الأوّل

الانسان والاوتومات*

الاوتومات هو بالتعريف كل جهاز أو أداة أو آلة تعمل بشكل تلقائي ، ذاتي بدون تدخل الانسان المباشر . يتألف الاوتومات من مجموعة آليات أو عناصر (الكترونية كهربائية ، هوائية ، مائية) ، تجري فيها عمليات استقبال الطاقة والمواد والمعلومات وهذه يتم نقلها وتحويلها واستخدامها بطريقة تلقائية (اوتوماتيكية) تماماً دون مشاركة مباشرة من قبل الانسان .

لمحة تاريخية :

يعود أصل كلمة « مكنة » — بمعنى آلة — إلى الكلمة الاغريقية القديمة « ميخانة Mechane » وهي كلمة تعني شيئاً قريباً من « ابتكار » أو « اختراع » ولم تكن الآلات القديمة معقدة أصلاً ، إذ لم تزد عن

(*) اوتومات (أو اوتوماتون) كلمة غير عربية وقد دخلت جميع لغات العالم بهذا النطق لذا رأينا عدم تعريبها ، وآثرنا ابقاءها على أصلها الانكليزي . وكلمة « اوتوماتيكي » مستعملة منذ زمن طويل في العربية والفرق بين اوتومات واوتوماتيكي ان الأولى تدل على اسم الفاعل بينما الثانية تدل على الصفة .

أدوات بسيطة تقوم بزيادة القوة أو تغيير اتجاهها أو تحويل أية صورة من صور الطاقة إلى صورة أخرى ، ومثالها العتلة ، والمستوى المائل ، والدولاب ، والمحور ، والبكرة ، والاسفين ، والبريمة . ومع أن المهندسين القدامي أظهروا سيطرتهم التامة على تلك المكنات البسيطة ، إلا أن أولي الأمر في ذلك الزمان لم يكونوا مهتمين بالمكننة إلا في مجالات معينة كالتعدين وآلات الحرب والأشغال العامة .

وقد تطورت هذه المكنات مع الزمن فاستفادت من طاقة المياه والرياح. والشيء المميز في تكنولوجيا العصور الوسطى انها استخدمت الطاقات المختلفة لتحل محل الطاقة العضلية الانسانية والحيوانية في تحريك المكنات والعدد . وسرعان ماتحولت الطواحين المائية — التي استخدمت في البداية لانتاج الدقيق من القمح — إلى استخدامات أخرى ، إذ استخدمت في رفع الماء ، وعصر بذور الزيت والتخمير وطحن فلزات الحديد وفي صناعة الورق وفي تحريك بعض الأدوات كالمطارق وغيرها . كذلك فقد أصبحت الطاحونة الهوائية من السمات البارزة للسواحل المنخفضة ذات الرياح القوية في شمال غربي أوروبا . ولقد كانت الطواحين الهوائية الأولى بمجملها تقريباً طواحين للقمح . ولكنها في القرن الخامس عشر بدأت تظهر كمحركات أولية لادارة آليات أخرى واستخدمت بالتدريج لنفس استخدامات الطاحونة المائية في البلاد الواقعة على طول السواحل والتي لم يكن الماء الجاري متاحاً فيها بشكل وافر .

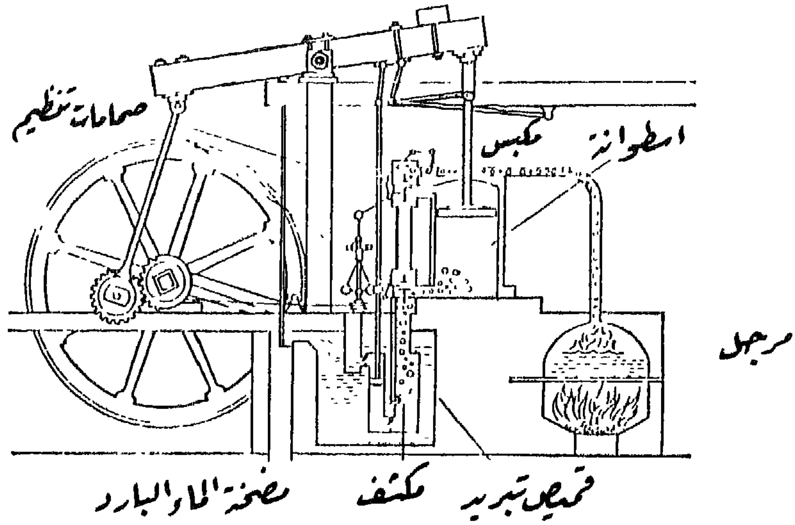
ويجب ألا ننسى أن المكنات في كثير من الأماكن كانت لاتزال تدار بواسطة عجلات دوس يديرها الانسان أو الحيوان ، وظلت هذه

موجودة حتّى القرن الثامن عشر في المناجم ومصانع القطن . وحتّى بعد ذلك كانت أجهزة الثقب في ألمانيا تدار بواسطة الخيل ؛ حيث كانت الآلات البخارية المتحركة لاتزال غالية التكاليف وبدائية .

إلا أن الأعوام الأخيرة من القرن السابع عشر شهدت نقطة انعطاف حادة في ترويض الطاقة التي حلت محل القوة العضلية للانسان والحيوان . ومع أن كتب التاريخ تروي أن المخترع العبقري هيرو Hero (وهو اغريقي من الاسكندرية عاش في القرن الأول بعد الميلاد) قام ببناء عدة أدوات تعمل بطاقة البخار إلا أن أول محرك بخاري في الأزمنة الحديثة تم بناؤه في عام ١٦٩٨ م على يد الحداد الانكليزي توماس نيوكومن T. Newcomen . وقدكان ذلك انطلاقاً من الضرورة الملحة التي سادت آنذاك لتوفير الجهد العضلي اللازم لرفع المياه من المناجم . إلا أن المحرك البخاري لم ينتشر إلا بعد التحسينات التي أدخلها عليه المهندس الاسكتلندي جيمس وات وذلك في عام ١٧٨٢ م .

ومع الزمن كانت كفاءة محرك وات تزداد تدريجياً ، كما أن تطبيقاته كانت تنتشر وتتوسع باستمرار . ويعتبر اكتشاف المحرك البخاري – بحق – بداية الثورة الصناعية الأولى في تاريخ الانسان .

وبقدوم الثورة الصناعية الأولى أخذ الانسان يستعمل مصادر أخرى للطاقة تتكون بصورة رئيسية من طاقة الوقود المحترق (نفط – فحم – غاز) ومن الطاقة المائية (بعد تحويلها إلى كهرباء في محطات التوليد الهيدروليكية) . وقد أدى تزايد استعمال الطاقة التي أطلقت من عقالها إلى ازدياد الانتاج مما أدى بدوره إلى تطوير الآلات وتوسيع قدراتها ومجالات استخدامها ، مما أدى إلى زيادة الانتاج من جديد .



محرك وات البخاري

باختصار ، لقد أدى قدوم عصر المكننة إلى تغيير طبيعة الحياة تغييراً جذرياً .

وقد كان من آثار المكننة ونمو الصناعة أن هاجر الملايين من الفلاحين الأوروبيين عبر الأطلسي في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين لسد الطلب المتزايد على الأيدي العاملة من قبل الصناعات الامريكية . وبالاضافة إلى ذلك أخذت الأعداد المتزايدة من الناس ، تهاجر إلى كندا واستراليا وبعض أقطار أمريكا الجنوبية وفي الأقطار الصناعية نفسها هاجر الفلاحون إلى المدن مما جعل بعضها يكتظ بالملايين من السكان .

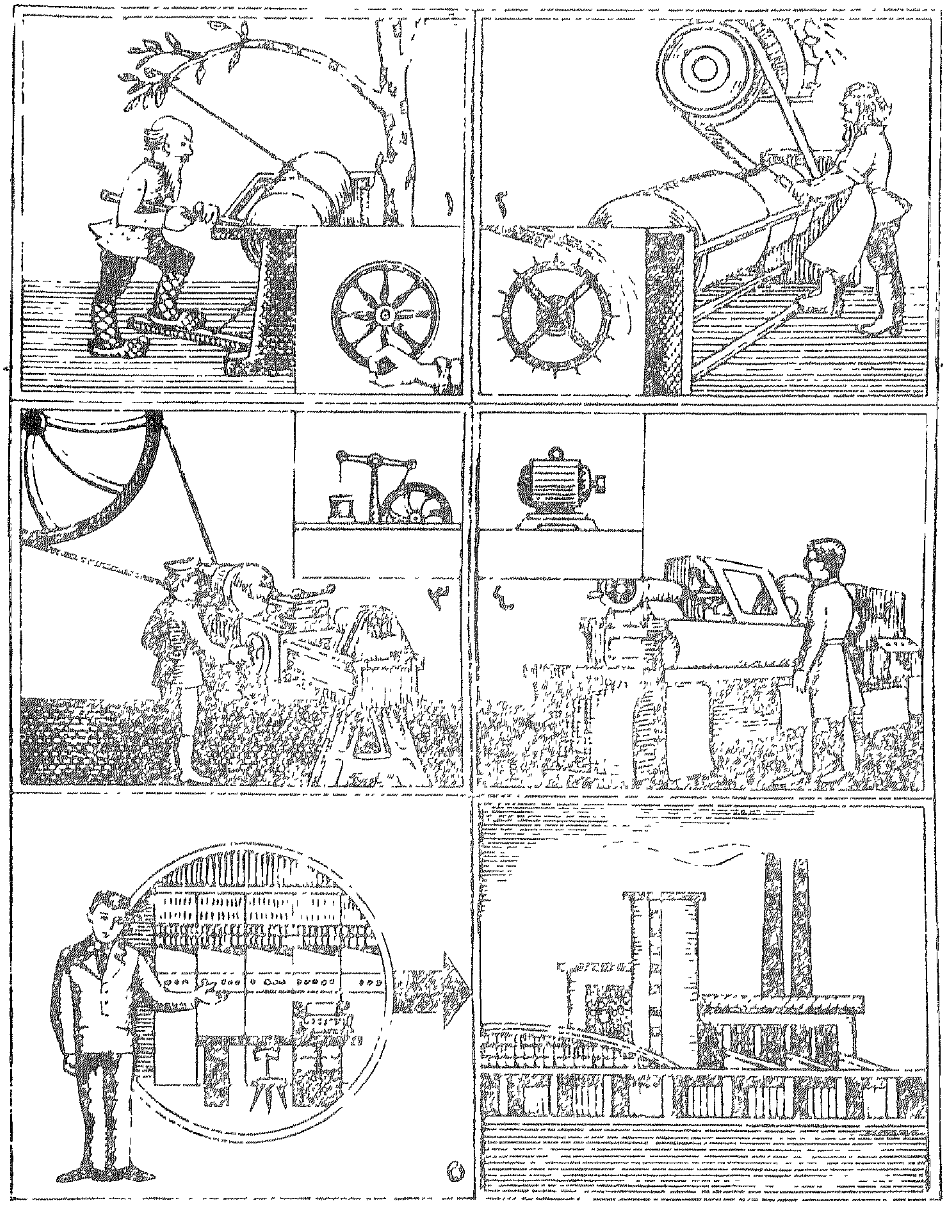
وعندما جاء القرن العشرون كان التصنيع قد أصبح القوة السائده في شكل المجتمع وأصبح هدفاً تتوق لبلوغه الأمم الكثيرة حيث ظهرت

في النصف الأول من القرن العشرين قدرته في رفع مستوى الحياة وفي خلق حرف ومهن جديدة وفي تغيير العلاقات الاجتماعية ،وتسهيل الاتصالات وخلق النزاعات والحروب .

ومع أن المكننة اعتمدت على استعمال الطاقات الميكانيكية لتشغيل الآلات بدلاً من طاقة الانسان أو الحيوان ، إلا أن جزء كبيراً من العمل بقي متروكاً للانسان إذ أن الحاجة بقيت ماسة للعديد من العمال من أجل الاشراف على الآلات وتشغيلها .

وقد أقتضى الأمر استعمال عمال مؤهلين على درجة عالية من الكفاءة والتدريب للاشراف على الآلات المعقدة . ولكن ، من ناحية أخرى ، وانطلاقاً من متطلبات سياسة الانتاج بالجملة كان لابد من تجزئة العملية الانتاجية إلى خطوات بسيطة يشرف على كل منها عامل لايحتاج إلى درجة عالية من الذكاء أو التدريب أو التأهيل .

ومما لاشك فيه ، أن الظواهر المذكورة آنفاً تركت بصماتها على الحياة الاجتماعية في المجتمعات الصناعية . ولكن المهم بالنسبة لموضوعنا أن « المكننة » استبدلت « عضلات » الانسان بمصادر أخرى للطاقة ، إلا أنها لم تستطع أختصار دوره تماماً . وقد بقي الوضع كذلك حتى أواسط القرن العشرين حيث تم ابتكار الآلة الحاسبة الالكترونية مما فتح المجال من جديد لثورة صناعية جديدة أطلق عليها بحق اسم « الثورة الصناعية الثانية » التي فتحت بدورها الباب واسعاً على مصراعيه نحو انتاج آليات معقدة قادرة أن تحل مكان عضلات الانسان وفكره . . . وقد كانت تلك المقدمات هي التي مهدت السبيل لظهور السيبرنتيك كما سنرى فيما بعد .



هكذا حرر الانسان نفسه تدريجياً من العمل الشاق على الآلة

١ — العامل هنا يقوم بدور المحرك وهو جزء من الآليات المنفذة « وهو أيضاً يتحكم في العمل) .

٢ — وها قد استخدم المحرك .

٣ — وصنع راحة .

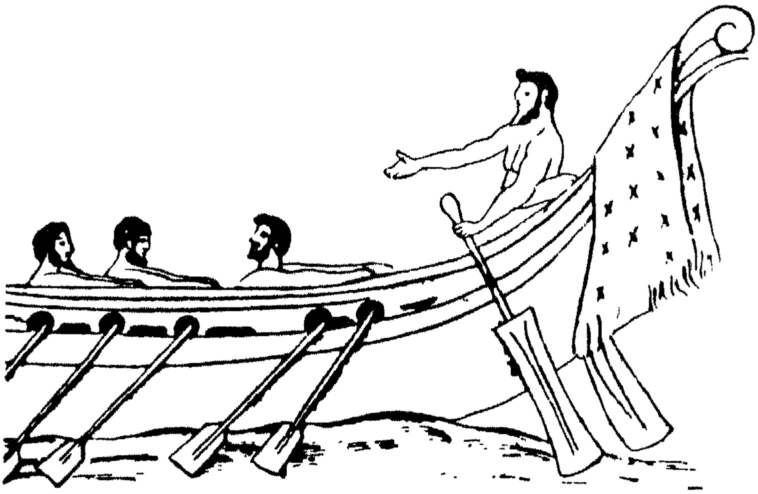
٤ — وحررت ماكينات النسخ الإنسان من وظيفة الرقابة المباشرة .

٥ — وفي المصانع المؤتمتة تحرر الإنسان عموماً من المشاركة المباشرة في عملية الإنتاج . فالآلات تعمل بشكل تلقائي وبدون تدخل من الإنسان كما أنها قادرة على التصرف وعلى اتخاذ القرار المناسب حسبما تتطلب ذلك المواقف المختلفة . وتعتبر هذه المعامل إحدى النتائج الحاسمة لثورة السيبرنتيك .

أوتومات التحكم :

حلم الانسان منذ عصور سحيقة بصنع أجهزة تقوم ببعض وظائفه وسعى — إلى حد ما — إلى الاستعاضة عن المخ بالآلة . ولو كلف المرء نفسه عناء مقارنة التجهيزات الأوتوماتيكية الحديثة مع آلات العصور السابقة ، لتبين له على الفور أن هذه الانجازات الحديثة تمثل ثمرة مئات السنين من التقدم العلمي والتكنولوجي .

تعود بداية التجهيزات الأولى إلى عصور قديمة جداً . فالعدد البسيطة الأولى التي استعملها الانسان ، مثل العصا والفأس والمبرد والرمح والمجداف قام الانسان بنفسه بتحريكها واستخدامها . إلا أن عمليات التطور التالية ارتبطت بمقدرة الانسان على اكتشاف قوى طبيعية جديدة حلت محل جهده العضلي وقوته البدنية . فقد سخّر الانسان على سبيل



يقوم ماسك الدفة في السفينة بتوجيهها نحو هدف معين

المثال طاقة التدفق المائي لتسهيل انتقاله على متن الطوافات على سطح الماء ، وكذلك استفاد من طاقة الرياح لدفع سفنه الشراعية .

إلا أن مصادر الطاقة « الجديدة » هذه ما كانت لتحقق النتيجة المرجوة منها لولا قيام الانسان نفسه بعملية القيادة والتوجيه (التحكم) . فالقارب مثلاً استوجب السيطرة عليه بصورة تجعله يندفع باتجاه محدد ، والشراع تطلب تثبيته بشكل لايؤدي إلى قلب القارب وغرقه . وكما هو معروف فان عملية القيادة هذه كانت مرتبطة غالباً بكثير من الصعوبات والأخطار . ولكن ، ألم يكن بمقدور الانسان تسهيل عملية القيادة ؟ ألا يمكن للآلة أن تحل هنا أيضاً محل الانسان ؟

للوهلة الأولى ، قد يتبادر إلى الأذهان أن هذا الأمر ضرب من المستحيل لأنه بغية التحكم بعملية محددة النتيجة سلفاً ، لابد للمرء من

التدبر والتفكير . وهذا أمر لايقدر عليه غير الانسان ويستحيل على الطبيعة غير الحية وحتى على الحيوان .

ورغم هذه الاستحالة الظاهرة فقد أبدع الانسان أجهزة تتحكم بقوى الطبيعة دون تدخله المباشر . وغني عن القول ان كلا من الحيوان والطبيعة الجامدة لاتمتلك أي وعي . ومن وجهة النظر هذه فالانسان لايمكن استبداله بأي شكل من الأشكال إلا أن العمليات في الطبيعة تتأثر بعضها ببعض وترتبط ببعضها بعلاقة السببية (العلة والمعلول) . فكل ظاهرة تنتج عن ظاهرة تسبقها ، أي أن كل عملية تمثل « نتيجة » لعمليات أخرى تكون بمثابة علتها . العملية التي تلعب دور العلة تتحكم إلى حد ما بالعمليات الأخرى . فسرعة الماء في نهر مثلاً متعلقة بفارق الارتفاع بين منبع النهر ومصبه . كما أن ارتفاع اللهب يتعلق بكمية المادة المحترقة . . . وهكذا .

نستخلص مما سبق : الطبيعة لا تمتلك وعياً ، ورغم ذلك ففيها ظواهر مشابهة لعمليات التحكم الصناعي . وبفضل هذه الحقيقة أصبح بمقدور الانسان أن يتحكم ببعض العمليات بصورة غير مباشرة . فبدلاً من التحكم بالعملية (آ) ، يمكن التحكم بعملية أخرى (ب) — هي علة (مسبب) العملية (آ) . لذا يقوم الانسان بالتأثير على العملية (ب) ، فتجري العملية (آ) من تلقاء نفسها دون أن يتدخل الانسان في العملية (آ) المراد توجيهها . فعندما نريد إيقاف السفينة مثلاً نطوي الشراع فيقل ضغط الريح على الشراع فتتناقص حركة السفينة « اوتوماتيكياً » .

من البديهي أن السفينة الشراعية في المثال المذكور ليست « اوتومات » لأن الأوتومات لايتطلب تدخل الانسان أثناء عمله ، بينما يقع معظم عبء توجيه السفينة الشراعية على عاتق الانسان .

ومما لاشك فيه أن طريقة التحكم المذكورة أعلاه والتي تعتمد على قانون « السببية » تسمح بتحقيق التحكم مع بذل مجهود عضلي وفكري أقل . ولكن يمكن — من حيث المبدأ — اجراء التحكم بخطوة واحدة ومباشرة عن طريق التأثير على الظاهرة المراد التحكم بها وليس على مسببتها . إلا أن ذلك قد لايكون ممكناً دوماً، بل قد يكون مستحيلاً . فانسان وحيد يعجز حتماً عن قيادة سفينة باستخدام عضلاته فقط والأفضل استخدام شراع مثلاً .

من ناحية أخرى فقد رافق التقدم العلمي والحضاري دفق من التجهيزات الاوتوماتيكية الجديدة . وبينما كانت هذه تصنع اصلاً لتسهيل العمل البشري ، إذ بها تجد استخدامات غير متوقعة . وتروي الكتب عن كهنة الاسكندرية القدماء أنهم ستخدموا الكثير من التجهيزات الاوتوماتيكية كضرب من « المعجزات » لارهاب اتباعهم . فاذا أشعلت النار في المعبد ، فان أبوابه تفتح للزوار اوتوماتيكياً ، ويقوم صنمان موجودان على طرفي صالة المعبد بسكب « الخمر المقدس » لازكاء النار . وبغية حصول الزائر على « ماء مقدس » ماكان عليه إلا أن يقذف بقطعة نقدية عبر شق علبة صغيرة ، فيقوم الصندوق — ودون أي تدخل من قبل أي إنسان — باخراج كمية محددة من الماء .

وقد ذكر عن المخترع الشهير السكندري هيرون أنه أخترع لعبة أوتوماتيكية وضعت على مدخل المعبد . وهذه اللعبة عبارة عن طائر مغرد من البرونز وهو يتوقف عن التغريد حالماً تقترب منه البوم الجالسة أمامه عادة بدون حراك . وقد تحدث « هيرون » عن هذا الاختراع وغيره في كتابه Pneumatik المحفوظ حتى يومنا هذا .

ومنذ ذلك التاريخ ازداد الاهتمام بالأتمتة باستمرار . فقد تزايد عدد المثقفين والمخترعين الذين حاولوا بناء أجهزه اوتوماتيكية . وبينما كانت بواكير الأوتومات تقوم بعمل الانسان بشكل أو بآخر دون أن تشبهه ظاهرياً ، فقد سعت المحاولات اللاحقة – وفي القرون الوسطى بشكل خاص – إلى التشبّه بالانسان بطريقة أو بأخرى .

وهكذا فقد اتجهت الاختراعات نحو صنع آليات لاتقوم ببعض جوانب السلوك الانساني فحسب ، بل وجب أيضاً أن تشبه الانسان في مظهره . ونتيجة لذلك ظهر « الانسان الحديدي » الذي يفتح الأبواب ويغلقها . وهكذا نشأ جيل من « الأشخاص » الميكانيكيين مثل قارع الطبل ، عازف الناي ، الحائكة (الغزالة) الحلاق ، الرسام وغيرهم .

هذه الاوتوماتات كانت ذات أهمية محدودة من الناحية العملية ، إذ لم تكن كبيرة الفائدة للانسان . فما من انسان ميكانيكي قام بالمهمة المرجوة منه بحيث يحل محل الانسان الحي . ومع ذلك فقد ولّدت الاوتوماتات – وخاصة بسبب شبهها الظاهري بالانسان – شعوراً عظيماً بالزهو – وقد تجلى ذلك واضحاً عندما كتب أحد فلاسفة القرن الثامن عشر بأنه لايوجد هنالك أي فارق جوهري بين الآلة والانسان .

أما من الناحية العملية التطبيقية فقد كانت أهم الأوتوماتات هي تلك المصممة لاستئناس كميات كبيرة من الطاقة . وأقدم الأمثلة على مثل هذه الاوتومانات نجدها في الطواحين التي تحركهاطاقة المياه أو الرياح .

ومن الجدير بالذكر أن الانسان عرف قوة كل من الماء والرياح منذ زمن بعيد،إلا أن الاستفادة منها لم تتحقق إلا بعد أن وجد الانسان

طريقة لتوجيهها بحيث تحرك العجلات ورحى الطواحين . ولم يسخر الانسان الماء والريح لتدوير العجلات بدلاً من البشر فحسب ، بل ابتكر أيضاً آليات تنظم كمية الحبوب الواصلة إلى رحى الطاحون أطلق عليها اسم « المزاز » . ولكي تعمل الطاحون بشكل دقيق وجب تقديم كمية من الحبوب مساوية تماماً للكمية التي تستطيع المطحنة أن تطحنها بدون زيادة ولانقصان .

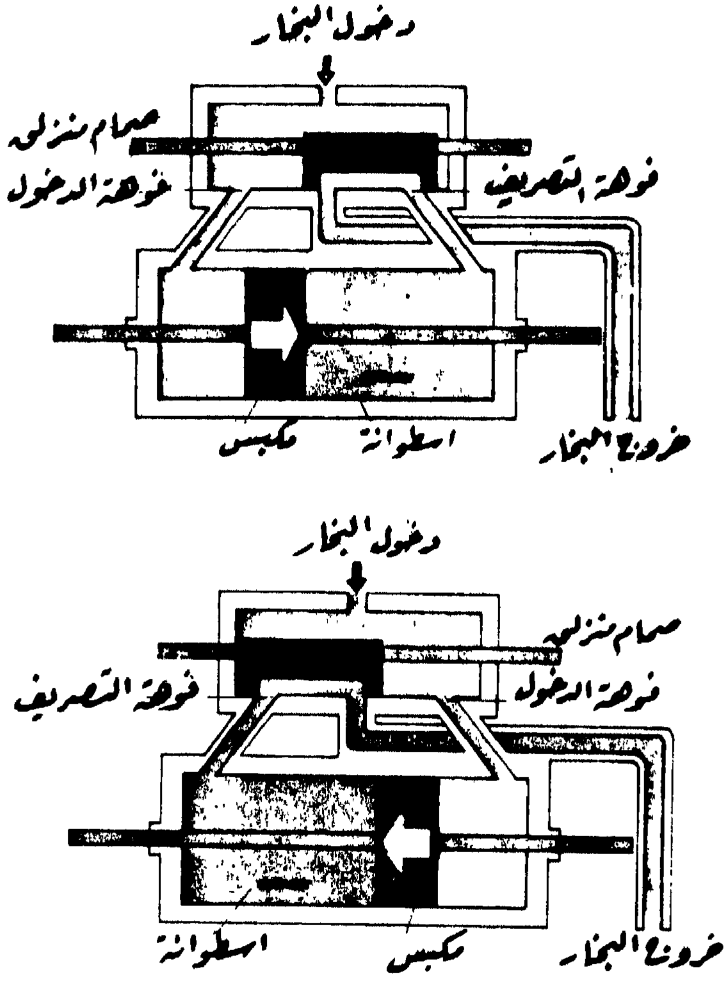
فاذا كانت الكمية المقدمة أكبر من الكمية المحددة فان المطحنة ستصاب بالانسداد ، أما إذا كانت الكمية أقل فان المطحنة ستسخن بسبب سرعة الدوران الكبيرة . وقد تم تصميم المزاز بحيث تؤدي زيادة سرعة دوران رحى الطاحون زيادة اوتوماتيكية في كمية الحبوب الواصلة إليها .

وتبين الأمثلة السابقة أن العناصر الاوتوماتيكية تلعب الدور الهام في تشغيل هذه التجهيزات البسيطة . إلا أن القفزة الحاسمة في تكنولوجيا الإنتاج ارتبطت باستخدام الاوتوماتات في الآلات التي يدفعها البخار .

في الحقيقة ، كانت قوة البخار — مثل قوة الماء والريح — معروفة منذ آلاف السنين . ويروى أن « هيرون » استخدم البخار في القرن الثاني لتدوير كرة معدنية .

وفي القرن الثامن عشر تم بناء العديد من الآلات التي يديرها ذراع متحرك بتأثير ضغط البخار . وهنا أيضاً تركزت الصعوبة الرئيسية في السيطرة على القوة المحركة للآلة ، أي في التحكم بكمية البخار الداخلة إلى الآلة . وللمحافظة على حركة الذراع ، وجب على البخار دفع الذراع مرة من أحد الجوانب ، ثم من الجانب الآخر مرة ثانية .

ومع أن الآلة البخارية الأولى ظهرت إلى الوجود في عام ١٧١٧ م على يد الانكليزي نيو كومن ، إلا أن الاستفادة منها بقيت محدودة لأن التحكم بسريان البخار عن طريق فتح الصمامات المناسبة واغلاقها كان يدوياً .



موزع البخار

إلا أن الحال تغيرت بعد ابتكار « موزع البخار » الذي ينظم عملية ادخال البخار بشكل تلقائي (الصورة السابقة) . وقد كانت تلك الشرارة الأولى التي أشعلت الثورة الصناعيةالحقيقية . وهكذا دخلت الآلة البخارية شتى المجالات وبنى الانسان الطواحين البخارية والقاطرة البخارية والسفن البخارية وآلات أخرى كثيرة تدفعها طاقة البخار .

مخترع موزع البخار الأوتوماتيكي الحديث كان الميكانيكي السكوتلندي جيمس وات * ، الذي عاش في النصف الثاني من القرن الثامن‌عشر وبداية القرن التاسع عشر . الجزء الرئيسي في آلية التحكم التي اخترعها وات كان « الصمام المتزلق » الذي يتحرك مع الذراع ضمن أسطوانة الآلة البخارية . وحسب هذا التصميم فان بامكان البخار بلوغ الاسطوانة عبر قناتين : يمنى ويسرى. الصمام المنزلق مرتبط بالمكبس بشكل يجعله ينزلق إلى اليمين حالما ينحرف المكبس إلى اليسار تحت تأثير ضغط البخار المتدفق من اليمين . وهكذا يغلق الصمام المنزلق قناة البخار اليمنى ويفتح في الوقت نفسه القناة اليسرى. يتحرك المكبس نحو اليمين بينما ينزلق الصمام في الوقت نفسه نحو اليسار مغلقاً قناة البخار ، ولكنه — في الوقت نفسه — يفتح القناة اليسرى ، وهكذا دواليك وبهذا الشكل — أي بصورة اوتوماتيكية ودون الاعتماد على عملية التوزيع اليدوية — يطبق الضغط على المكبس بصورة متناوبة على جانبه الأيمن فالأيسر بدون انقطاع .

(*) جيمس وات (١٧٣٦ – ١٨١٩) وهو أبو الآلة البخارية ولكنه ليس مكتشفها. بفضل التحسينات الجديدة التي أدخلها على آلة نيوكومن تحققت السيطرة للانسان على البخار وبدأت بذلك الثورة الصناعية الأولى . وتقديراً له ، فقد أطلق اسمه على وحدة الاستطاعة .

من التجهيزات الشهيرة أيضاً نذكر « منظم وات » الذي يراقب سرعة دوران محور الآلة بصورة آلية وهذه سوف نتعرض لها في مكان آخر من هذا الكتاب (انظر الفصل السابع) .

ولكن بم تتميز هذه الآليات المعقدة — مثل الآلة البخارية — عن البدائية البسيطة ؟ ماهو الفارق المبدئي بين سفينة بخارية وقارب شراعي ، وبين القارب الشراعي وقارب المجاديف . وبين قارب المجاديف والانسان الذي يحاول السباحة بمساعدة يديه ورجليه ؟

وللاجابة على هذا السؤال سنتابع على التوالي الأفعال والعمليات المنفذة في هذه الحالات بدءاً بأبسطها . يتحرك الانسان في الماء ويسبح بمساعدة يديه ورجليه عن طريق ضرب الماء . اليدان والرجلان تشكل أجزاء من الانسان وتمثل العنصر الوسيط الوحيد الذي يصل بين الانسان والماء . وعندما يبحر الانسان بقارب المجاديف ، عندها نجد أن المجداف يضاف إلى يدي الانسان ورجليه كعنصر اتصال اضافي بينه وبين الماء . أما عند الابحار بالسفينة البخارية فان عدد العناصر البينية (الوسيطة) يزداد مرات عديدة : كمية الفحم المقذوف إلى الحراق ، الماء في المرجل ، البخار ، الذراع ، مروحة السفينة ، وعناصر بينية أخرى كثيرة .

وعليه يمكن القول أن الفارق الجوهري بين الآليات المعقدة والآليات البسيطة يكمن في « عدد الأعضاء الوسيطة » . ومن هذا المبدأ تنطلق جميع عمليات التحكم والأتمتة . وبالتالي ، بدون الاستعانة بتجهيزات « وسيطة » لايقدر الانسان على تحريك السفينة . إلا أنه ينجز هذه المهمة بكل يسر بالاستعانة بسلسلة من العناصر الوسيطة . فعند ادخال الفحم الحجري إلى موقد السفينة فان الانسان لايبذل جهداً يزيد عن الجهد الذي

كان عليه بذله لو أراد السباحة في الماء . ولكنه في الحالة الأولى لاينقل نفسه فقط بل ينقل سفينة كاملة تقل على متنها العديد من الناس والبضائع ثقيلة الوزن . وعليه فان جوهر عملية التحكم يتلخص في انجاز عمل ضخم بجهد بشري صغير .

هل تمثل عملية التحكم هذه تخفيف العبء عن عضلات الانسان فحسب دون ذهنه ؟ والجواب أن عمليات التفكير البشري في مثالنا السابق تنقسم إلى قسمين : فمن جهة يفكر الانسان في اللحظة الراهنة أي عند مايقوم بالتحكم بالسفينة وقيادتها ، وعندما يضع الموجه على زاوية معينة وعندما يدخل كمية محددة من الفحم الحجري إلى موقد البخار . ولكنه من ناحية أخرى بدأ بالتفكير قبل فترة طويلة سبقت البدء بقيادة السفينة، فقد أعمل فكره لتصميم السفينة سابقاً . وعندما يوجه زاوية الدفة وكمية الفحم الحجري فانه لايحتاج إلى أعمال ذهنه في العمليات التالية لأنها أصبحت من آلية عمل السفينة التي ابتكرها بتفكيره المركز .

الأوتومات الحاسب :

ينحصر دور الأتمتة في تسهيل عملية التحكم على الانسان ، بينما تبقى عملية التفكير الانساني على حالها وهي تظهر بشكل مستقل عن عملية التحكم . والسؤال الذي يطرح نفسه :

هل يمكن تسهيل هذه العملية أيضاً على الانسان ؟ أو بعبارة أخرى ، هل يمكن « أتمتة التفكير » ؟

تعتبر العملية الحسابية أبسط الأمثلة على التفكير . إلا أن صيغة

التفكير هذه – على بساطتها – تتطلب بذل الوقت الكثير ، كما وتسبب اجهاداً كبير للقوي الفكرية لدى الانسان . وعلى سبيل المثال نذكر أن أحد الرياضيين الانكليز أمضى عمره وهو يحاول ايجاد قيمة π ، المستخدمة في حسابات محيط الدائرة وسطحها .

في يومنا هذا ، تيسّرت عمليات الحساب إلى درجة جعلتنا ننسى أن عمليات الحساب المماثلة في الماضي لم تكن بالسهولة التي نتصورها في القرن العشرين . فقدماء المصريين كانوا عاجزين عن توحيد مخارج الكسور العادية . كما أن عملية جمع كسرين عاديين كانت تتطلب الاستعانة برياضي ماهر لانجازها . وكان ذلك يستغرق منه زمناً طويلاً . وقد انقضت آلاف السنين قبل أن تتمكن الانسانية من اجراء عملية اعتيادية . وهذا أمر لايدعو للعجب .

ولم يصبح الانسان قادراً على إجراء العمليات الحسابية إلا بعد أن تعلم « تجريد » الأشياء من مواصفاتها الأساسية . فعندما نقول الآن « خمسة كلاب » فاننا لانهتم بلونها أو بحجمها أو بعمرها ، فنحن « نجردها » من جميع مزاياها الخاصة التي تميز كل كلب عن سائر الكلاب ، ونقصر اهتمامنا على « عددها » فقط .

وعندما نقول « خمسة حيوانات » ، فاننا لانغض النظر عن ألوانها وأحجامها الخ فحسب ، بل إننا لانهتم بنوع الحيوان الذي نتعامل معه أيضاً . وهذا يعني أن الأمر بالنسبة لنا سيان سواء كان الموضوع يتعلق بالكلاب أو بالأبقار أو بكليهما معاً المهم فقط هو العدد خمسة . ولو قمنا باحصاء العدد الإجمالي لممتلكات أحد الأشخاص فاننا عندها نغفل عدداً أكبر من خصائص الموجودات . ففي العدد الذي يتم التوصل

إليه من خلال الاحصاء . تنضوي موجودات صغيرة وكبيرة ، حية وجامدة، مأكولات ومكروهات ، سود وبيض . باختصار نقول إن المقدرة على « تجريد » الخواص المميزة لكل جسم تدل على سوية راقية للتفكير .

إلا أن الانسان البدائي لم يكن يفهم المصطلحات « المجردة » مثل « اثنان » أو « ثلاثة » أو « أربعة » . فكل حمار كان يمتلكه كان معروفاً عنده بصفاته المميزة التي تختلف من حمار إلى آخر ، ولايمثل فرداً في مجموعة الحمير . لم يتصور هذا الانسان على الإطلاق بأن لديه ثلاثة حمير بل كان يفكر : « لدي الحمار الأسود والحمار الأبيض والحمار الصغير » .

بعدها بدأ الانسان يقارن كلا منها بأجسام أخرى وخاصة بأصبع يده وبالتدريج بدأ يعي أن تمثيل كل حمار بأصبع . رغم الفارق الجوهري بين الأصابع والحمير — أمر عظيم الفائدة يساعده في حفظ حميره في ذاكرته . فهذه أجسام متباينة تماماً ، وخواص الحمير لايتم التعبير عنها بالأصابع ، بل تمثل شيئاً آخر ، وهو عدد الحمير الاجمالي الموجود بحوزته .

في الحقبة التالية تمت الاستعاضة عن الأصابع بالحصى ،أوماشابهها. إذ وضع الانسان حصاة عن كل حمار يمتلكه في الكأس المخصص لذلك . كما عمد إلى إضافة حصاة جديدة لكل مولود جديد . بعدها توصل الانسان بصورة آلية إلى النتيجة التالية :

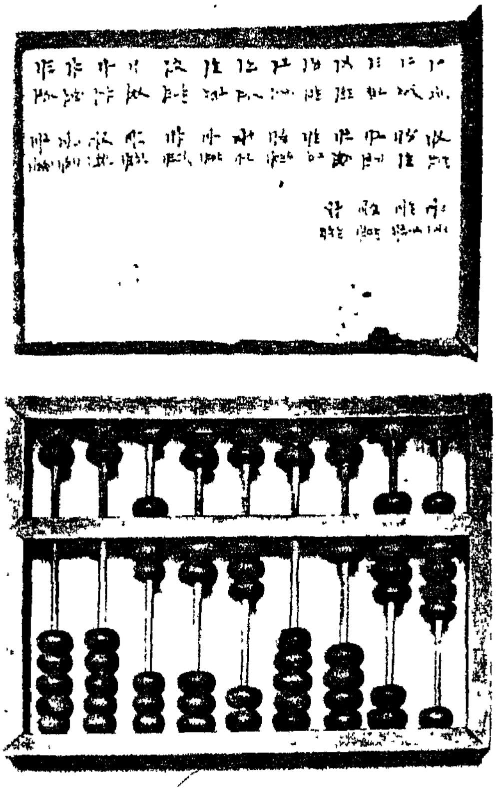
« لمعرفة عدد الحمير التي أمتلكها ماعلي إلا إحصاء عدد الحصى في الكأس » .

ولكن ، كيف تم الاستعاضة عن الاحصاء المباشر للحمير بعد الأصابع أو بقذف الحصى في الكأس ؟

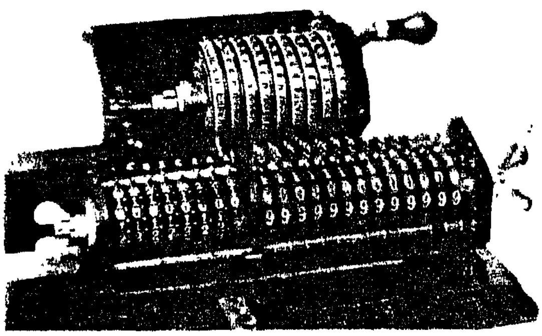
فعلى الرغم من تباين نوعية هذه الأجسام — الحمير والأصابع والحصى — فانها تشترك جميعاً في خاصة واحدة عامة،وبمقدورنا حالياً التعبير عن هذه الخاصة العامة بكل يسر بأن نقول أن لدينا « العدد » نفسه لأشياء مختلفة على الرغم من تنوعها وتباين مظاهرها . ولم تظهر المصطلحات « اثنان »، « ثلاثة » ، « أربعة » الا بفضل تجريد هذه الأجسام من الخصائص المميزة لها . ويمثل الاهتمام بهذه الخصائص النوعية « مضمون » التفكير البشري . أما تجريد هذه الخصائص فهو يقود إلى الجانب « الصوري» للتفكير . لذا يمكننا القول أن العلاقات الكمية بين الأجسام والتي يتم التعبير عنها بالارقام تحمل طبيعة« صورية » ويرتبط نشوء « الحساب » وتطوره باكتشاف علاقات « صورية ». وبهذا يقال عن الحساب بأنه علم صوري .

وهذا الفارق الجوهري يفسر امكانية استبدال الأجسام بغيرها أثناء عملية العد . وهذا المبدأ يمكن الاستفادةمنه في صنع تجهيزات تسهل على الانسان اجراء العمليات الحسابية .

ويمثل الكأس البدائي الذي كانت تقذف فيه الحصى أبسط الأمثلة على مثل هذه التجهيزات . وخلال مئات السنين التالية تم اختراع العديد من الأجهزة الأخرى لتسهيل عمليات العد . وقد استخدم الأغريق والرومان لوحة مقسومة إلى نصفين عليها الخيطان المجدولةحيث وضعت على الخيطان الحصى أو قطع العظام. وقد استمر استخدام هذا «المحسب» في أوروبا حتى القرن الثامن عشر . وهذا الجهاز يشبه إلى حد بعيد المحسب



97



إحدى أقدم الحاسبات الميكانيكية التي لا تزال قيد الاستعمال حتى الآن ولقد صنعت في الصين .

آلة حاسبة صنعت عام ١٨٩٢

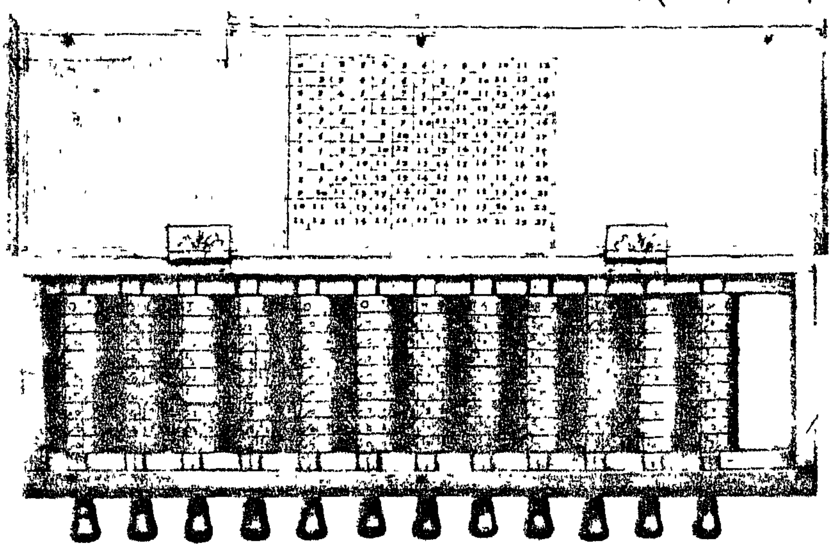
الذي كان مستخدماً في كثير من انحاء أوروبا في النصف الأول من القرن العشرين . وقد صنع هذا المحسب من كرات ضمن أسلاك مقسمة إلى مجموعات محددة ذات ألوان متباينة : مجموعة الآحاد، مجموعة العشرات، مجموعة المئات . . . وهذا يسمح بالتعبير عن الأعداد الكبيرة بواسطة عدد محدود من الكرات ، كما ويسمح باجراء الكثير من العمليات الحسابية خلال وقت قصير جداً .

في القرن السابع عشر تم بناء آلات أكثر تعقيداً قادرة على جمع أعداد كثيرة الحدود بسرعة تفوق سرعة الطرق السابقة أضعافاً مضاعفة. فقد قام الفيزيائي والرياضي والفيلسوف الفرنسي الشهير باسكال (١٦٢٣ - ١٦٦٢ م) بابتكار آلة حاسبة تنجز عملية الجمع عن طريق تدوير جملة الاسطوانات ، إذ تم هنا تمثيل كل عدد بزاوية دوران محددة وهكذا اختزلت عملية جمع الأعداد إلى عملية جمع « الزوايا » .

في أواخر القرن السابع عشر قام الفيلسوف والرياضي الألماني الشهير غوتفريت لايبنيتز (١٦٤٦ - ١٧١٦م) بابتكار آلة حسابية عظيمة لايقتصر عملها على الجمع فحسب ، بل تقوم أيضاً بالعمليات الحسابية الأربعة كلها . مبدأ الجهاز بسيط يعتمد على تبديل الموقع الفراغي (الارتفاع والبعد والزاوية) لسائر أجزاء الجهاز وهو يحتوي على بعض الروافع والمسننات الدوارة . يتم تبديل وضع الروافع على طول مقاطع طولية لغلاف الآلة الحاسبة بين العددين صفر وحتى تسعة وهنالك مجموعة خاصة من الأعداد (٠-٩) لكل من الآحاد والعشرات والمئات . . . الخ

فاذا أردنا مثلاً إيجاد حاصل الضرب ٥٨×٢٤ عندها يجب ضبط

رافعة الآحاد على العدد /٨/ ورافعة العشرات على العدد /٥/ . بعدها يجب تدوير الذراع /٤/ مرات (وهذا يعني ضرب /٥٨/ بالعدد/٤/). يزاح العداد خطوة إلى اليمين (كما هو الحال عند الضرب العمودي اليدوي) . بعدها يتم تدوير الرافعة مرتين (وهذا يعني ضرب العدد/٥٨/ بالعدد /٢٠/) .



آلة نابير الحاسبة ذات القضبان وقد اخترعها الرياضي السكوتلندي جون نابير الذي اكتشف اللوغاريتم أيضاً .

هل يمكن القول عن هذه الآلة انها اوتومات ؟ نعم . . . إلى حد ما . فالانسان يقوم هنا بتدوير الذراع ويحصل بذلك — دون القيام بنفسه بأية عملية حسابية — على النتيجة النهائية لعملية الضرب .

ومن الواضح أن التجهيزات المذكورة غير قادرة على « التفكير » . فالفكر هو ملك الانسان وحده الذي ابتكر هذه التجهيزات . وفي ذلك يعتمد الانسان دوماً على القوانين السارية في الطبيعة ، حيث يقوم

بتسخير علاقات السببية التي تربط بين الظواهر والعمليات . فأثناء تصميم آليات التحكم يعتمد الانسان دوماً على مبدأ أساسي ينص على أن العلاقات الكمية بين الأجسام المختلفة لاتتأثر بالخواص النوعية المميزة لكل جسم من هذه الأجسام .

الأوتومات « المفكر »

كما شاهدنا في الفقرة السابقة ، يمكن أتمتة أحد أنواع النشاط الذهني الانساني — وهو الحساب — ، إلا أن ذلك لايجب أن يستدرجنا إلى الافتراض بأن التفكير الانساني بأسره يتركز أثناء الحساب على عملية الحساب فقط . فأثناء عملية التفكير تشترك بعض التصورات التي لاتقتصر على عملية العد الكمي فقط ، علماً أن التفكير بجمله أشمل وأعقد من الحساب وحده .

ونتساءل هنا : هل بمقدورنا أتمتة التفكير الشامل ؟ .

لقد رأينا أن تصميم آلات الحساب يتم انطلاقاً من علاقات كمية وصورية بحتة بين الأجسام المختلفة ظهرت نتيجة تجريد الأشياء من خصائصها النوعية المميزة لكل منها . وبمقدور الانسان أن يتصور أن تحويل الجوانب الأخرى لعمليات التفكير إلى أشكال صورية سوف يسمح بتجريدها أيضاً من الخواص النوعية للأشياء ، مما يفسح المجال لأتمتة جوانب التفكير الأخرى هذه .

وقد أثبتت الوقائع أن هذا التحول إلى الأشكال الصورية ممكن إذ يمكن تحديد العلاقات بين المقولات المعطاة بحيث تنتج صحة أحدى المقولات من صدق مقولة أخرى . وقد شكلت هذه العلاقات الأساس الذي اعتمد عليه الفلاسفة الاغريق في ارساء قواعد المنطق الصوري .

من أمثلة هذا المنطق في عمليات الاستنتاج :

آ ــ ماء البحر مالح (١)

هذا الماء من البحر (٢)

وعليه فان هذا الماء مالح (٣)

ب ــ السنونو يهاجر إلى الجنوب شتاء (١)

هذه الطيور من السنونو (٢)

وعليه ، فان هذه الطيور تهاجر إلى الجنوب شتاء (٣)

ج ــ كل إنسان فان (١)

سقراط انسان (٢)

وعليه فان سقراط فان (٣) .

في الأمثلة السابقة تنتج المقولة الثالثة من المقولتين الأولى والثانية حيث توجد بينها « علاقات تتابع » . علماً أن هذه العلاقة لاتتعلق بالخواص النوعية المحددة للأجسام في الأمثلة السابقة . وهذه العلاقات هي نفسها رغم أن ماء البحر ، والسنونو والانسان تمثل أجساماً مختلفة تماماً .

ويمكننا استبدال المفاهيم السابقة والأجسام بأحرف دون أن يؤثر ذلك على صحة الاستنتاج . ورغم جهلنا التام بما تعنيه هذه الأحرف بصورتها النوعية المحددة فاننا مقتنعون تماماً بصحة الاستنتاج .

إذا كانت كل سين مماثلة لميم (١)

وكانت كل ميم مماثلة لصاد (٢)

عندها نستنتج أن كل سين مماثلة لصاد (٣)

نحن مقتنعون تماماً بصحة هذا الاستنتاج دون أن نعرف أي شيء عن خواص الأجسام التي نتعامل معها، لأننا نهتم باعدادها بالدرجة الأولى.

وقد تمكن الانسان - بالاعتماد على العلاقات الكمية الصورية - من صنع آلات الحساب وتصميمها. كذلك بمقدوره - من حيث المبدأ - تسخير العلاقات الصورية «العامة» بين مختلف الأفكار كقاعدة لانتاج أجهزة تقوم بعمليات الاستنتاج الصحيح بطريقة المنطق الصوري المبينة في الأمثلة السابقة، وذلك بدون تدخل الانسان.

وقد ظهرت الحاجة إلى مثل هذه الآلات من ضرورة القيام بعمليات استنتاج معقدة بالاعتماد على عدد كبير من المقولات. وهنا تم العملية بشكل مشابه لاوتومات الحساب الذي أخترع أصلاً لتسهيل العمليات الحسابية على الأعداد الكبيرة.

وقد ظهرت فكرة «آلة المنطق» منذ العصور الوسطى. وتذكر المراجع ان المحاولة الأولى لبناء آلة منطقية قام بها رايموند لولوس عالم المنطق الذي عاش بين أواسط القرن الثاني عشر وبداية القرن الثالث عشر. وقد كانت آلته المنطقية عبارة عن جملة من الصفائح الدائرية الدوارة حول مركز مشترك، حيث تم تمثيل مجموعة المفاهيم التي يراد استعمالها في عمليات الاستنتاج المنطقي بأحرف هجائية: الحرف ب يعني الخير، الفارق، بخل، سؤال، الله. بينما يعني الحرف د النفوذ، البداية، لماذا، إنسان، اباء.. وهكذا. وبتدوير الصفائح أمكن التوصل إلى مختلف التراكيب الممكنة.

في هذه الحالة لم نعد نتعامل مع الاستنتاج الصوري انطلاقاً من مقولات معروفة سابقاً فحسب، بل أننا دخلنا اتجاهاً جديداً يسعى إلى جمع المصطلحات بغية التوصل إلى حقائق جديدة لم تكن معروفة قبلاً.

لكن لولوس كان لابد أن يمنى بالفشل . فهناك فارق كبير بين التوصل إلى معارف جديدة انطلاقاً من معارف أخرى قديمة وبين طريقة لولوس التي تحاول تزويج المصطلحات بطريقة الصدفة الميكانيكية العشوائية



الفيلسوف الألماني غوتفريت لايبنيتز وقد كان أول من أرسى القواعد الرياضية للمنطق ويعود إليه الفضل في البرهان على امكانية مكننة العمل الذهني الذي تقوم به الحاسبات الحديثة في أيامنا الحاضرة.

بقصد التوصل إلى حقائق جديدة . وقد قصدنا ايضاح أن فكرة اختراع آلة تسهل عملية الاستنتاج فكرة قديمة جداً بحد ذاتها .

إلا أن فشل لولوس في صنع « الآلة المفكرة » لم يمنع الفيلسوف الألماني لايبنيتز — وهو نفسه الذي صنع آلة حاسبة كما أسلفنا — من متابعة فكرة « آلة المنطق » التي تعتمد على جملة من الرموز لاستخلاص الاستنتاجات حول خواص الأجسام (تماماً كما تقوم الرياضيات بذلك عن طريق الحسابات العددية) . وقد أصبح أساوب حساب الاستنتاجات « — كما أسماها لايبنيتز — فيما بعد حجر الأساس الذي اعتمدت عليه الآلات « المفكرة » الحديثة .

بعد ذلك أجريت محاولة أخرى لاختراع آلة المنطق قام بها عالم المنطق الانكليزي جيفونس في القرن التاسع عشر يث ابتكر مايسمى « بالأبجدية المنطقية ». في الأبجدية المنطقية تمثل الأحرف الانكليزية الكبيرة خواصاً نوعية محددة، بينما تمثل الأحرف الانكليزية الصغيرة « نقيض » هذه الخواص . وقد تم تقليد العمليات المنطقية عن طريق تحريك الروافع .

إلا أن الأهمية العملية لآلات المنطق المذكورة أعلاه ، بما فيها الآلة التي صممها جيفونس ، محدودة جداً . وحتى جيفونس نفسه كان يعتقد أن آلته ذات أهمية نظرية فقط، خصوصاً وان الاستنتاجات التي حصل عليها بواسطة آلته المنطقية كان بالامكان التوصل إليها بطريقة مباشرة وعلى الرغم من ذلك فقد صنعت آلة جيفونس في بلدان عديدة

إذ اعتبرت أكثر أهمية من « لعبة » مسلية مثيرة، مع أنها أقل من أن تساعد عملية التفكير البشري بشكل فعال .

تجدر هنا الإشارة إلى أنه لايمكن اختزال جميع عمليات الاستنتاج إلى الشكل الصوري الثلاثي المار ذكره . فمنطق أرسطو يطبق علاقات صورية على نموذج من العلاقات التي يتمكن الانسان من استنتاجها بدون استخدام أية آلة .

ويعود سبب فشل الآلات المنطقية هذه إلى تخلف التقنية في ذلك الوقت إذ اقتضى الأمر استعمال عدد هائل من التجهيزات المعقدة بغية انجاز أبسط العمليات المنطقية .

• • •

الفصل الثاني

في الطريق إلى السبرنتيك

الأسس التكنولوجية

أوتومات من نوع جديد :

بعد اكتشاف البخار ، ومع الثورة الصناعية الأولى بدأ الانسان باستعمال مصادر جديدة للطاقة تتكون بصورة رئيسية من طاقة الوقود المحترق (نفط ـ فحم ـ غاز) ،وقد أدى قدوم عصر المكننة إلى تغييرات جذرية في طبيعة الحياة .

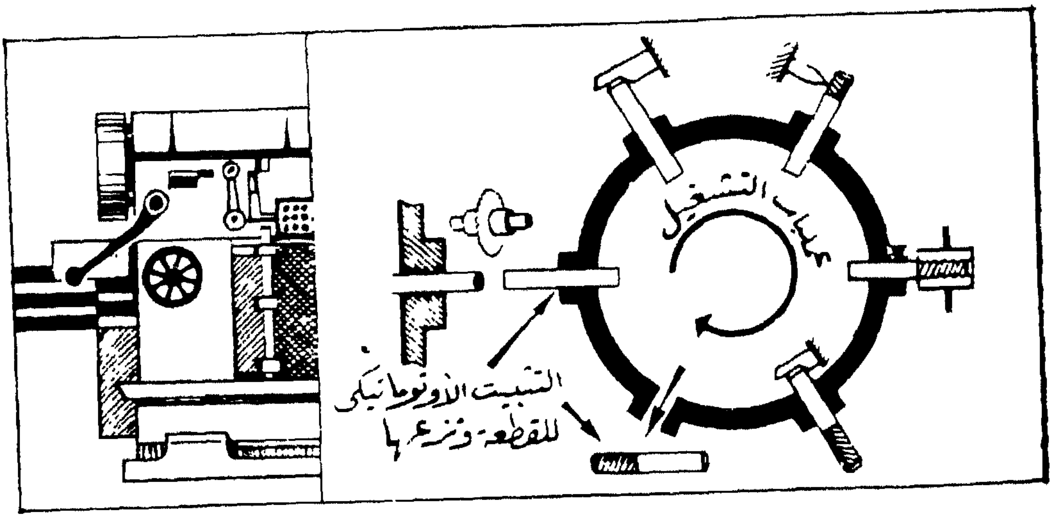
وقد حصل انقلاب جديد في التكنولوجيا باستئناس مصادر جديدة للطاقة : الكهرباء أولاً ثم الطاقة النووية . وبالطبع فان التحكم بالكهرباء دون الاعتماد على التجهيزات الآلية أمر صعب للغاية ، بل هو مستحيل إذا أريد الحصول على طاقة النواة . لذا يعتمد الاستخدام الناجح لطاقة الكهرباء وطاقة الذرة على سوية الأتمتة المستعملة في عمليات التحكم بأنواع الطاقة هذه . وقد أدى ذلك إلى ابتكار أنواع جديدة من الأوتوماتات اللازمة لعملية التحكم .

كما تم في أواسط القرن الحالي - صنع عدد كبير من الأوتوماتات الجديدة ابتداء بالمخارط الآلية وانتهاء بالمصانع ذات الأتمتة الكاملة .

ولكن ، ماذا نقصد اليوم عندما نتحدث عن الأوتومات الحديث ؟ ما هي درجة الأتمتة التي يجب أن تحققها الآلة حتى نطلق عليها اسم « اوتومات » ؟

ومع أن كل آلة تحتوي على بعض عناصر الأتمتة التي تعمل بشكل تلقائي (ذاتي) ، إلا أننا لانجرؤ على القول بأن كل آلة تمثل « اوتوماتا». فالمخرطة مثلاً ليست اوتوماتاً من وجهة النظر الحديثة وذلك لأنها لاتعالج القطعة المشغولة بصورة آلية (تلقائية) تامة ، إذ يتطلب الأمر تنفيذ بعض العمليات المساعدة - مثل تجهيز المواد الخام واعدادها أو سحب المنتج النهائي - من قبل العمال المشرفين. ونكرر أننا لانطلق على الآلة اسم « اوتومات » إلا عندما تتم جميع العمليات - بما فيها عمليات التشغيل والتفريغ والعمليات المساعدة-بشكل آلي . ومثال ذلك المخرطة الآلية فبعد أن يقوم العامل بتشغيل المخرطة الآلية فانه يتركها وينصرف . ويبين الشكل أدناه مخرطة آلية لاعداد البراغي . فالقطعة المشغولة تثبت بشكل اوتوماتيكي على الماسك ثم تنتقل مرحلة بعد أخرى حيث تقطع عليها الأسنان اللولبية ثم تنزع الشطوب ثم يشكل الرأس المسطح للبرغي. وفي المرحلة الأخيرة يسقط البرغي في الجرن المخصص لذلك، وتبدأ الآلة بصنع المسمار التالي .

باختصار ، طالما تطلب الأمر تدخل الانسان ولو بشكل « تافه » - مثل رفع القطعة الجاهزة عن الآلة - فلا يمكننا اعتبار الآلة « اوتوماتاً » وانما تبقى عندئذ « نصف اوتومات » .



هكذا يعمل الاوتومات

وقد تغلغلت الأوتوماتات في سائر مجالات الحياة الانسانية . ومن أمثلة ذلك « سائق الجرار الآلي » ومن أهم أجزائه آلية تحكم هامة جداً يطلق عليها اسم « الريليه » * ، وهي تلعب دوراً أساسياً في جمل الأتمتة الحديثة بجميع فروعها .

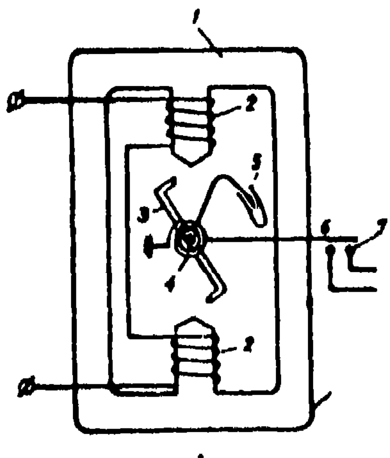
وكلمة « ريليه » مشتقة من الكلمة الافرنسية Relais وهي تعني موقع تبديل الدواب ، أو نقطة التحميل والتفريغ ، أو نقطة التحول . بعدها استعملت الكلمة للدلالة على العناصر التي تزود الآلة بطاقة جديدة . وبعد اختراع البرق أطلقت تسمية الريليه على الأجهزة التي تستلم الاشارات ** الضعيفة من خط البرق وتقدمها — بعد « تقويتها » —

(*) في كلية الهندسة الكهربائية بجامعة حلب تم تعريب هذه الكلمة باسم « الزاجل » وسبب التسمية سيتوضح بعد قليل .

(**) الاشارة Signal في المصطلحات العلمية تعني الوسيلة التي تنتقل بها المعلومات ومثالها موجات الصوت أو الضوء أو الراديو أو نبضه وغيرها .

إلى أجهزة البرق أو إلى أجزاء أخرى من خط النقل . لذا فان التسمية كانت مصيبة تمثل الواقع : كما تم الاستعاضة في ريليهات البريد — قديماً — عن الدواب المنهكة المرهقة بدواب نشيطة ومستريحة ، كذلك تم الاستعاضة بواسطة ريليه البرق عن الاشارات الضعيفة باشارات قوية . وبمرور الزمن تم تطوير مفهوم هذه الكلمة وتوسيعها . وهي اليوم تستعمل في مختلف مجالات التكنولوجيا لنقل الاشارات والمعلومات من مكان إلى آخر ، وهي بذلك تشبه « الحمام الزاجل » الذي ينقل الرسائل ومن هنا أتت التسمية العربية .

والريليه بالتعريف هي أداة كهرميكانيكية يمكن بواسطتها التحكم بطريقة غير مباشرة فيتشغيل دارة كهربائية نتيجة للتغير الحراري أو المغناطيسي أو الكهربائي الذي يحدث في الدارة ذاتها أو في دارة أخرى .



الريليه أو الزاجل

في الشكل أعلاه نشاهد المخطط الانشائي لريليه يعمل بتأثير التيار الكهربائي .

يخلق المغناطيس الكهربائي (٢) تدفقاً مغناطيسياً يجتاز الصفيحة الفولادية على شكل Z (٣) الموجودة في المنتصف والمثبتة في مكانها بواسطة نابض (٤) . وكما هو معروف فان القوة التي يؤثر بها المغناطيس الكهربائي على الصفيحة ذات الشكل Z متناسبة مع شدة التيار الكهربائي المار في الملف (٢) . وإذا وصل هذا التيار قيمة محددة أو تجاوزها فان قوة المغناطيس تصبح أكبر من العزم المقاوم للنابض فتتحرك الصفيحة (٣) بتأثير القوة الأكبر على محور التدفق المغناطيسي وفي هذه الحالة تتصل الصفيحة (٦) مع التماسات (٧) . وفي العادة تكون التماسات (٧) موصولة إلى بطارية ، لذا فان اغلاق التماسات سيؤدي الى مرور تيار كهربائي قادر على اشعال مصباح للتنبيه أو اطلاق بوق انذار . . . الخ وهكذا يشعر المراقب بوجود الخلل فيسارع إلى إزالته .

وعلى الشكل الأخير يقوم المهدىء (٥) بتأمين انتقال الأجزاء المتحركة بشكل سلس . ومن المألوف وضع ريليه ضمن غلاف واق(١).

وهناك أنواع عديدة من الزواجل (الريليات) ولن نتوسع هنا في سرد التفاصيل الانشائية أو التقنية للزواجل وأجهزة التحكم الأخرى إلا أننا نود أن نشير إلى أن الزاجل يمثل واحداً من أهم آليات التحكم الحديثة كلها .

ونضيف هنا أنه رغم التباين الواضح بين الأوتوماتات المختلفة ، إلا أن هنالك تطابقاً واضحاً ـ في الملامح الأساسية ـ بينها وبين الأجهزة آنفة الذكر .

ويتركز التطابق في كلا الحالتين على الاستفادة من مختلف الظواهر الفيزيائية لصالح عمليات التحكم التي تجري ضمن الآلة . ومن البديهي

أن يترك دور هام لاختيار الظواهر الفيزيائية المناسبة لأهداف التحكم المرغوبة .

فالكهرباء والمغناطيسية تفسح المجال لامكانيات أكبر بكثير من المحركات الميكانيكية التي اعتمد عليها في بناء آليات التحكم السابقة. إلا أن الفارق يظهر في النتائج وليس في مبدأ التحكم . فجميع اوتوماتات التحكم – القديمة والحديثة ، البسيطة والمعقدة – تشترك بوجود آليات تقوم باستقبال الاشارات من البيئة الخارجية . واستناداً إلى هذه الاشارات تقوم تجهيزات التحكم بابداء رد الفعل المناسب (انظر الفصل السادس).

الآلات الحاسبة الالكترونية :

مما لاشك فيه أن ظهور السيبرنتيك وانتشاره مديونان للآلات الحاسبة الالكترونية السريعة .

تقسم الحاسبات إلى قسمين رئيسيين :

١ – الآلات الحاسبة التشابهية ANALOG COMPUTERS

٢ – الآلات الحاسبة الرقمية DIGITAL COMPUTERS

في الآلات الحاسبة التشابهية لاتمثل المقادير الرياضية باعداد ولا ببيانات محددة تتغير بطفرات ، بل بمقياس معين للمقادير الفيزيائية كانحرافات زاوية الدوران أو جهد التيار الكهربائي . والحاسبات التشابهية تقيس وتعمل مع المقادير المتغيرة بشكل « مستمر » مثل درجة الحرارة ، والسرعة ، والضغط .

كانت الحاسبات التشابهية الأولى ميكانيكية حيث تم تمثيل الاعداد

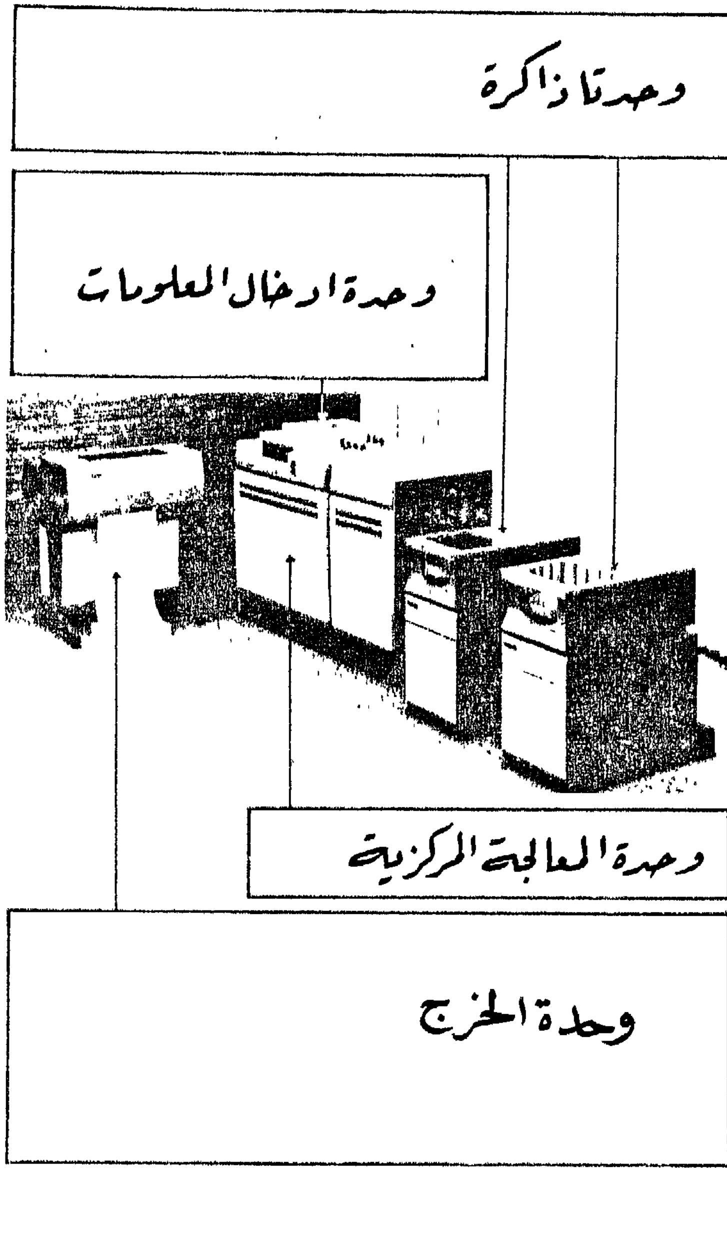
الداخلة في الحسابات بمقدار دوران محور أو ــ كما هو معروف في المساطر الحاسبة ــ بحركة مسطرة منزلقة على مقياس مدرج .

وقد تم انجاز الآلات التشابهية الأولى في القرن التاسع عشر ، إلا أن الآلة التشابهية الأولى الدقيقة والناجحة لم تصبح جاهزة إلا في ثلاثينات القرن الحالي . وبعد ذلك بعشر سنين أمكن صنع آلات تشابهيةالكترونية. وهذه الآلات تعتمد في عملها على تحويل الأعداد الداخلة المتغيرة والمقادير الىجهود كهربائيةمتغيرة ومن ثم تجري العمليات المختلفةعلىهذه الاشارات مثل الجمع ، الضرب ، التكامل بحيث نحصل على التوترات الخارجة التي تمثل نتائج الحسابات .

تستعمل الحاسبات التشابهية في الحسابات العلمية وفي أبحاث التصميم الهندسية . وفي هذه الحالات يمكن أخذ التوترات الخارجة إلى جهاز تسجيلي فنحصل على النتائج على شكل مخططات مرسومة على الورق أو على شاشة تلفزيونية .

كذلك نستعمل هذه الحاسبات في عمليات التحكم بالعمليات الصناعية وفي تجهيزات الملاحة كما في المركبات الفضائية . وفي هذه الحالات فان الاشارات الخارجة يمكن أن تستعمل للتحكم بتشغيل الآليات الأخرى .

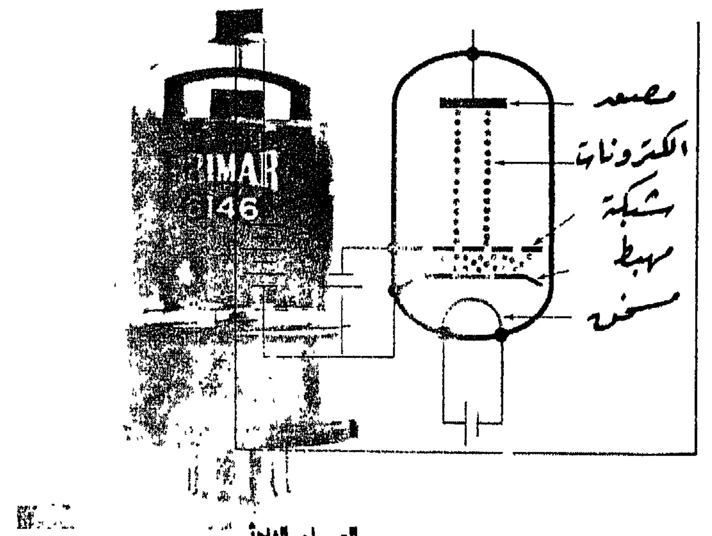
أما الآلات الحاسبة الرقمية فهي تتعامل مع الأرقام بعكس الآلات التشابهية التي تتعامل مع المقادير المتغيرة والقياسات . وهذه الحاسبات تكون عادة كبيرة جداً وسريعة جداً في الحساب . وهي قادرة كذلك على تصنيف المعلومات ومقارنتها وتحليلها وتخزينها من أجل الاستعمالات المستقبلية . والميزة الرئيسية لهذه الآلات هي سرعة عملها الفائقة اذ تقاس سرعة انجاز العملية الواحدة بالنانو ثانية (جزء من ألف مليون من الثانية).



حاسب الكتروني

في الآلات الحاسبة الرقمية تقوم العناصر الالكترونية باجراء الحسابات وقد تم تصنيف هذه الحاسبات إلى « أجيال » حسب تكنولوجيا الصنع :
فكمبيوتر الجيل الأول استعملت فيه الصمامات الالكترونية ، والجيل الثاني استعملت فيه أنصاف النواقل والترانزستور ، وفي الجيل الثالث استعملت الدارات التكاملية IC ،وفي الجيل الرابع استعملت الدارات التكاملية الكبيرة LSI . وهناك جيل خامس يلوح في الأفق ويتوقع أن يوضع في الاستثمار في التسعينات وهو سيعتمد على الدارات التكاملية الكبيرة جداً . ويقدر أن يكون حجم ذاكرة الجيل الخامس أكبر بـ ١٠٠÷ ١٠٠٠٠ مرة من الجيل الحالي وستعمل الحاسبات بسرعة أكبر بـ ١٠ ÷ ١٠٠٠ مرة من الحاسبات الحالية .

وبقصد توضيح مبدأ عمل دارة الحساب سنستعرض أبسط الدارات ذات الصمامات الالكترونية .



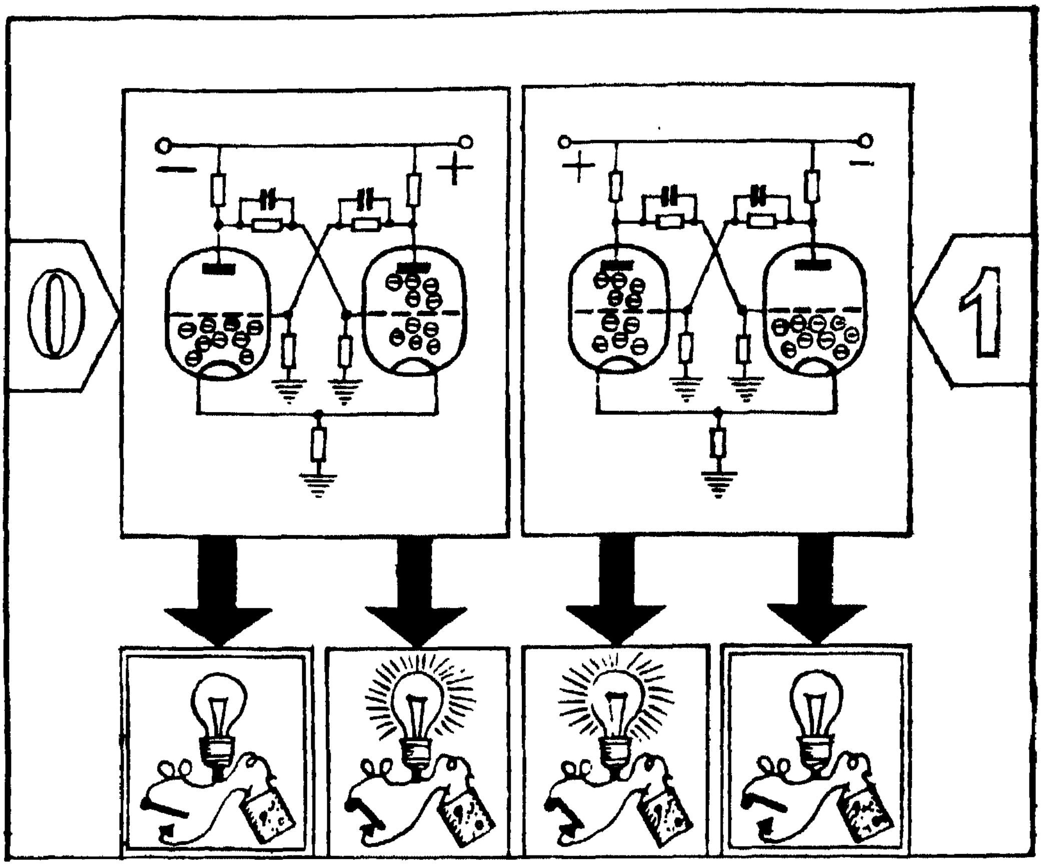
الصمام الثلاثي

والصمام الالكتروني هو مصباح ثلاثي المساري مؤلف من قطبتن (مصعد ومهبط) تفصل بينهما شبكة (شبكة التحكم) وهو يعمل بالشكل التالي : يوصل المصعد إلى الطرف الموجب من بطارية كهربائية ، بينما يوصل المهبط إلى طرفها السالب . عندما يمرر التيار الكهربائي – من منبع خاص – في المسخن ترتفع درجة حرارة المهبط فيقوم باصدار الالكترونات التي تنتقل إلى المصعد ذي القطبية الموجبة ولهذا السبب فان القطب الثالث في الصمام يكو ن عـلى شكل شبكة تسمح بمرور الا لكترونات إلى المصعد .

إذا كانت الشبكة مشحونة بكهرباء موجبة ، عندها يمر التيار الكهربائي بين الأقطاب . ولكن عندما ينقلب الوضع وتصبح الشبكة ذات كهربائية سالبة فان التيار سيتوقف عن السريان . في الحالة الأولى نقول ان الصمام « مفتوح » وفي الحالة الثانية نقول إنه « مغلق » . وهكذا نرى أن الصمام الالكتروني يمكن أن يوجد في حالتين مستقرتين وهذا يمثل – كما سنرى فيما بعد – احدى الخصائص الهامة جداً للصمام الالكتروني.

من ناحية أخرى ، يمكن تغيير الكهربائية السالبة على الشبكة بحيث تسمح بمرور بعض الالكترونات إلى المصعد وهكذا يمكننا التحكم بشدة التيار المار في الصمام الثلاثي . ولهذا السبب نطلق على الشبكة اسم « عنصر التحكم أو شبكة التحكم » .

يمكننا الآن وصل صمامين الكترونيين مع بعضهما (انظر الشكل أدناه) بحيث تقوم حاكمة أحد الصمامين بالتحكم بوضعية الصمام الآخر . فاذا وجد الصمامان في حالة مغلقة عندها يمكن وصلهما مع صمام ثالث بصورة يصبح فيها الثالث مغلقاً أيضاً .



إذا عبرنا عن حالة الصمام « مفتوح » بالحرف (م) وعن الحالة المغلقة بالحرف (غ) ، عندها يمكنّ التعبير عن حالة الصمامات الثلاثة الموصولة مع بعضها بالمعادلة :

(غ) + (غ) = (غ)

أما طرق الربط الأخرى فيمكن التعبير عنها بالعلاقات التالية :

(م) + (غ) = (م)

الصمام الأول « مفتوح » ، أي انه في حالة ناقلة للتيار ، والصمام الثاني مغلق ولكن الصمام الثالث ناقل أيضاً .

(غ) + (م) = (م)

الصمام الأول ليس ناقلاً ، بينما الصمامان الثاني والثالث ناقلان .

وأخيراً ويمكن إيجاد وضع ينتج فيه عن الحالة الناقلة في صمامين التوصل إلى الحالة الناقلة في صمام ثالث وحالة غير ناقلة في صمام رابع .

(م) + (م) = (م) (غ)

ويشكل التجميع المختلف لثلاثة أو اربعة صمامات الأساس لجميع عمليات الحساب في اوتوماتات الحساب التقليدية (وقد استعيض عنها مؤخراً بتجهيزات احدث مثل الترانزيستورات والدارات التكاملية والمعالجات الميكروية . إلا اننا هنا نعالج أبسط اشكالها بغية توضيح مبدئها الأساسي بأيسر السبل) .

في الحياة العملية تبين انه من الأنسب ضم صمامين الكترونيين لتشكيل قطعة واحدة اطلق عليها اسم « زناد Trigger » .

الزناد بدوره يظهر في حالتين مستقرتين :

آ ـ الصمام الأول مفتوح والثاني مغلق (الشكل الايمن على الصفحة السابقة)

ب ـ الصمام الثاني مفتوح والأول مغلق (الشكل الأيسر على الصفحة السابقة)

لكي تتمكن الآلة الحاسبة من تحقيق المهمة الملقاة على عاتقها ، لابد من صياغة هذه المهمة بشكل دقيق تماماً . أي يجب أن تشتمل المهمة على تعليمات وثيقة توضح العمليات الواجب تنفيذها وكذلك تتابعها الزمني . وبكلمات أخرى فان هذا يقتضي وضع برنامج عمل للآلة .

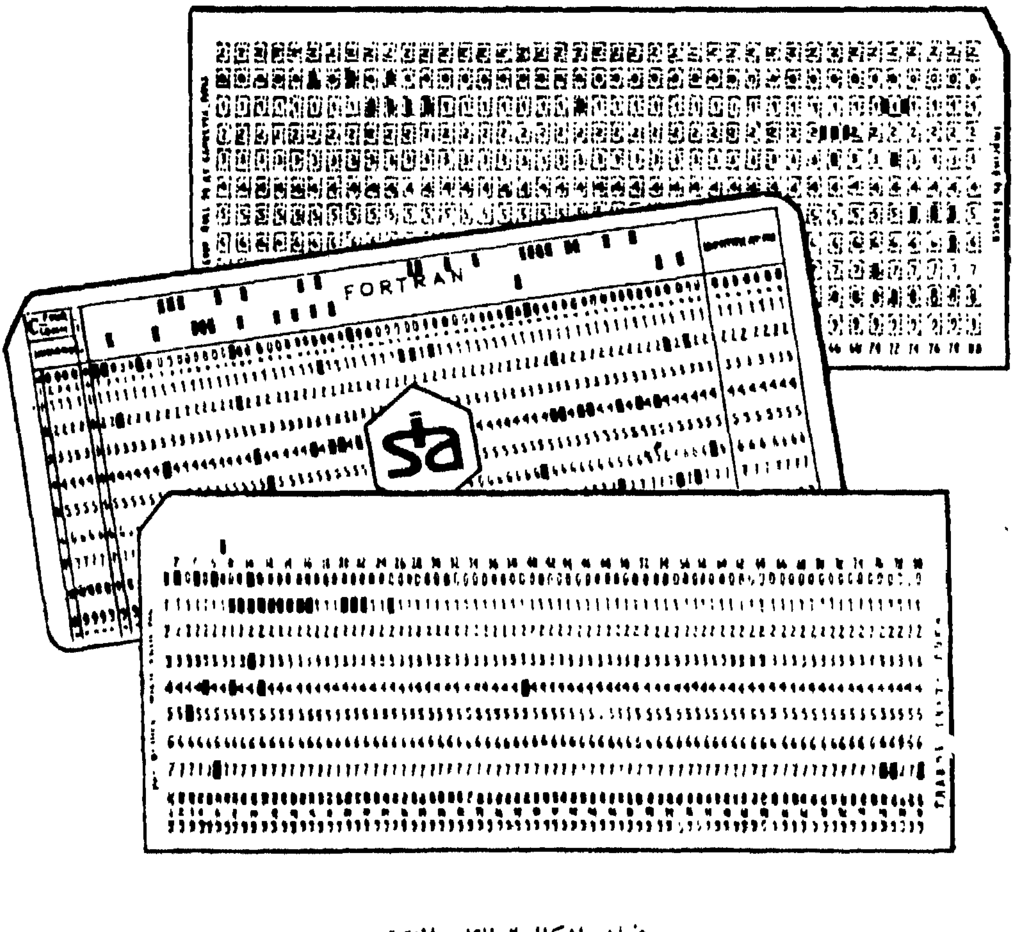
أثناء قيام الآلة بتنفيذ البرنامج فانها تقوم بالعمليات واحدة تلو الاخرى علماً أن عدد هذه العمليات قد يكون كبيراً جداً . وبغية تجنب نسيان نتائج كل عملية فان الآلة تقوم بتخزينها بمساعدة تجهيزات خاصة تسمى « الذاكرة Memory » والذاكرة مقسمة إلى العديد من الأجزاء أو « الخلايا » .

يتكون البرنامج من إشارات متلاحقة ، تعقب بعضها بعضاً ، يطلق عليها اسم « الأوامر » . وكل أمر يحتوي على تعليمات تحدد الخلايا (العناوين) التي يجب أخذ الأرقام منها ، ويحدد كذلك العمليات التي يجب اجراؤها على هذه الأعداد، ويحدد أيضاً خلايا الذاكرة التي يجب تخزين النتيجة فيها . وتقوم الذاكرة أيضاً بحفظ البرنامج ذاته . وهو يقدم للآلة قبل البدء بعملها الحسابي بالاضافة إلى المعطيات اللازمة لبداية العمل الحسابي . وجميع العمليات التالية تجري بعدها بصورة آلية .

من الملامح الهامة في عمل الآلة الحاسبة الحديثة أن حل المسألة يعتمد في كثير من الحالات على النتائج البينية (المتوسطة) التي يتم التوصل إليها في الخطوط التمهيدية . يتم تصميم البرنامج عادة بحيث تقوم الآلة بنتيجة عملية الحساب المتوسطة بانتقاء سلسلة العمليات التالية التي ستجريها . اما إذا اختلفت النتيجة البينية عندها يتم اجراء سلسلة أخرى من العمليات بما يتناسب مع هذه النتيجة البينية . وهكذا يطلب من الآلة أن تحسب متحولاً

ما وان تقارنه مع قيمة محددة . وحسب نتيجة المقارنة تؤمر الآلة أن تختار اتمام الحساب باستعمال هذه العمليات او تلك . ومن الواضح أن الموضوع هنا يتعلق بأنواع خاصة من الأوامر المشروطة .

يقوم الانسان بادخال البرنامج وكذلك المعطيات الأولية العددية إلى الآلة بواسطة بطاقات مثقبة .



مختلف اشكال البطاقات المثقبة

تقوم الآلة بتحويل هذه البطاقات المثقبة إلى معطيات على شكل تراكيب من الحالات الناقلة وغير الناقلة للصمامات الالكترونية ثم تنقلها فيما بعد إلى « الذاكرة » لتأخذ مكانها هناك بحيث يمكن الرجوع إليها عند اللزوم .

حالما يتم تنفيذ البرنامج تحول النتائج إلى رموز على البطاقات المثقبة (أو الأشرطة المثقبة) . بعدها تترجم هذه النتائج إلى اللغة العادية .

تفوقت الحاسبات الالكترونية على الحاسبات الميكانيكية كثيراً وفاقتها سرعة ودقة ، مما سمح — وبمساعدة الصمام الالكتروني — للمرة الأولى بحل أصعب المسائل التي عجزت عنها آلات الحساب في العصور السابقة فالعمليات الميكانيكية تجري بشكل أبطأ كثيراً من العمليات الكهربائية نظراً لان المسننات وماشابهها تتميز بعطالة كبيرة نسبياً (وحركتها تستغرق وقتاً طويلاً) وعلى العكس ، فان الصمام الالكتروني يبدو عملياً بدون أية عطالة تقريباً . ولهذا السبب يمكن تبديل حالة الصمام الالكتروني ملايين المرات خلال ثانية واحدة وهذه الميزة تمثل احدى الملامح الحاسمة في الثورة التي أشعلها قدوم الحاسبات العددية الحديثة .

ولكن كيف أمكن تحويل السرعة الهائلة في الحساب إلى ثورة حقيقية في الأتمتة ؟ ففي الرياضيات وحدها نصادف مسائل أعقد بكثير من الجمع والضرب . فهل نكتفي في هذه الحالة باوتومات غير قادر سوى على اجراء عمليات الجمع والضرب . ؟

ولقد بينت الوقائع أن امكانيات الحاسب محصورة فعلاً ضمن هذا المجال إلا أن العلوم الاخرى لعبت دورها . فقد ساهم تطور عام

المنطق والعلوم الاخرى بشكل مميز في ابتكار الآلات المنطقية الحديثة والحاسبات المترجمة ، وهذه تعتمد جميعاً على بعض المبادىء الرياضية .

وفي العقود الأخيرة تآزرت البحوث النظرية مع التطورات التكنولوجية وأدت إلى ظهور « علم التحكم : الاوتومات » وقد تطور « التحكم » من التجهيزات البسيطة حتى وصل إلى سوية الحاسبات الالكترونيةالحديثة بصورة تلقائيةميسرة . فقد عمل المكتشفون والباحثون — كل منهم على حده — فوضعوا بعض الأسس النظرية ونجحوا في اثباتها إلا أنهم افتقروا — حتى أربعينات القرن الحالي — إلى نظرية عامة ، إلى علم متخصص يضع جميع المعارف المتوفرة حول الاوتومات بشكل قوانين عامة يمكن استخدامها كأساس لتصميم تجهيزات اوتوماتيكية حديثة وتطويرها مع تقدم العلوم .

وقد ساعدت الاكتشافات الجديدة في كل من الرياضيات والمنطق وعلم اللسانيات ، وعلم وظائف الأعضاء (الفيزيولوجيا) وعلم النفس في ظهور السيبرنتيك : هذا العلم الفذ عن التحكم .

* * *

المنطلقات النظرية للسبرنتيك

الرياضيات :

وجدنا في الفقرات السابقة أن الاوتومات التي تقوم بالجمع والضرب قادرة أيضاً على حل المسائل المعقدة . وقد أصبح ذلك ممكناً بفضل « الرياضيات » وحدها التي تختزل المشاكل المعقدة إلى مسائل أبسط : لننظر مثلاً إلى عمليات الضرب والتقسيم فهذه العمليات أعقد من الجمع والطرح، لكن الرياضيات تبسطها إلى حد تزيل معه جميع الصعوبات . فلو أردنا على سبيل المثال حساب حاصل ضرب العدد ٣٨٩ بالعدد ٩٤٨، فاننا لن نفكر بتكرار العدد الأول ٩٤٨ مرة بل نعالج الموضوع بطريقة أبسط : نضرب آحاد العدد الثاني بالعدد الأول ، ثم نكرر ذلك مع عشرات العدد الثاني ثم مئاته ونجمع النتائج . مثل هذه الطرق تستخدم بكثرة في الرياضيات ومهما بلغت صعوبة المسألة المطروحة فان حلها يتم بنجاح عن طريق تقسيمها إلى مسائل جزئية أبسط وتكون طرق حل هذه الأجزاء معروفة من قبل وهذا الأسلوب يعتمد على واحد من أهم المفاهيم الرياضية وهو « الالغوريتم » Algorithm ، وهي عملية الأداء المبرمج الأوتوماتيكي أو هو مجموعة من العمليات والخطوات والأفعال التي تقود إلى الحصول على نتاج معين للعمل. وكلمة الغوريتم هي اشتقاق

من اسم العالم العربي محمد بن موسى الخوارزمي مؤلف كتاب «الجبر والمقابلة» اعترافاً بفضله على علم الرياضيات . وبكلمات أخرى نقول إن الالغوريتم هو طريقة حل المسألة المطروحة بما في ذلك تحديد مراحل الحل وتتابعها . وقد تم في الرياضيات تطوير نظرية عامة للالغوريتم إذ وضعت الغوريتمات لحل معظم المسائل الرياضية المعقدة .

وهذه يمكن تقسيمها إلى عدد من المسائل الفرعية التي يتمكن الانسان العادي من حلها واحدة تلو الأخرى ولايحتاج في ذلك إلا إلى مبادىء أولية جداً في الرياضيات. لكن الانسان العادي قد يواجه بعدد هائل جداً من المسائل البسيطة يتطلب حلها وقتاً طويلاً جداً، إلا أن الآلة تتمكن من انجاز هذه العمليات بسرعة كبيرة . وخلال وقت قصير جداً . وقد تم فعلاً ابتكار حاسبات الكترونية تجري أكثر من ١٠٠ ٠٠٠ عملية حسابية في الثانية الواحدة. على سبيل المثال نذكر أنه في الستينات طاب حل مسألة تتعلق بالتيارات الهوائية من حاسب آلي فانجزها خلال ساعة واحدة بينما كان الأمر يتطلب تعاون عالمين اثنين مدة خمس سنوات كاملة لحسابها بالطرق التقليدية . وفي الستينات أيضاً تمكن حاسب آلي من تقديم تنبؤ كامل بالطقس لليوم التالي خلال ساعة واحدة . ولكن هذه الانجازات تبدو شديدة التواضع إذا ماقورنت بامكانيات الحاسبات الالكترونية للثمانينات . وهنا يتبادر إلى الذهن التساؤل : كيف نستخدم صمامين الكترونيين لكل منهما حالتان مختلفتان فقط لاجراء عمليات تستخدم فيها ١٠ رموز مختلفة (من الصفر حتى تسعة) ؟ والجواب ان هذا يتم بواسطة التعبير عن كل عدد بحالة معينة ومحددة للصمامين الالكترونيين .

من البديهي ان طريقة التعبير هذه لاغنى عنها ، وبالتالي للتوصل إلى ذلك لابد من تأمين صمامات الكترونية ذات عشر حالات مستقرة ، إلا أن العماية تصبح أسهل بكثير لو استغنينا عن جملة الاعداد العشرية واستخدمنا بدلاً منها جملة تعتمد على رمزين اثنين فقط (وهذه يطلق عليها اسم « جملة الأعداد الثنائية BINARY ») .

مما لاشك فيه ان استخدام عشرة رموز للتعبير عن الأعداد اسهل واسلس للتداول ، ولهذا السبب عم انتشار جملة الأعداد العشرية في حياتنا. ونبادر هنا إلى القول أن هذا لايمنع من التعبير عن أي عدد يتصوره العقل بالاستعانة ببعض الرموز الأخرى ، لكن هذه الأرقام قد تبدو أكثر طولاً وأصعب تداولاً .

من ناحية أخرى فقد تبدي هذه الجملة بعض الحسنات والمزايا إذا ماقورنت بجملة الأعداد العشرية .

وبالنسبة للاوتومات فمن الأسهل الاستعاضة عن جملة الأعداد العشرية بالجملة الثنائية لان ذلك يوفر علينا بناء اجهزة حاسبة شديدة التعقيد ولهذا السبب فقد عم استعمال جملة الاعداد الثنائية في الآلات الحاسبة الحديثة ، وبينما تعبر جماة الاعداد العشرية عن كل عدد مستقل بواسطة عشرة رموز (من صفر حتى تسعة) فان جماة « الأعداد الثنائية » لاتستعمل إلا رمزين فقط هما الصفر والواحد (0 و 1) وهذا الرمزان يكفيان وحدهما للتعبير عن جميع الأعداد بما فيها الأحاد والعشرات والمئات . . الخ وهكذا يتم التعبير عن الرقم ٢ في الجملة الثنائية بعدد مكون

من رمزين.وتجدر الاشارة إلى أن اصغر عدد مكون من رمزين في الجملة الثنائية يمكن تشكيله من 0 و 1 هو 10 ، وهذا يعني٢. العدد التالي المكون من رمزين فقط هو 11 ،وهذا يقابل في الجملة العشريةالرقم ٣ ولكننا لانستطيع الاعتماد على الرمزين 0 و 1 ولتشكيل اي رقم آخر مكون من رمزين فقط غير 10و 11 وهكذا فان التعبير عن الرقم ٤ يتطلب استخدام ثلاثة رموز .

واصغر رقم يحتوي ثلاثة رموز يمكن كتابته بالرموز 0 و 1 هو 100 الذي يقابل الرقم ٤ في الأعداد العشرية .

بالاضافة إلى 100 يمكن استخدام الرمزين 0 و 1 في تشكيل الأعداد التالية المكونة من ثلاث « خانات » : 101 ، 110 ، 111 (بالتسلسل من الأصغر إلى الاكبر)وهي تقابل في الجملة العشرية الأعداد ٥،٦،٧. وبطريقة مماثلة نستنتج أن التعبير عن العدد ٨ يتطلب استعمال رمز مكون من أربع خانات 1000 ، و ٩ يعبر عنها بـ 1001 والعدد ١٠ يمثله 1010، ولكن كيف السبيل إلى إجراء العمليات الحسابية باستخدام هذه الأعداد وكيف السبيل الى تحويل الاعداد العشرية ذات الخانتين والثلاثة إلى أعداد ثنائية ؟ لابد انه من الصعب الابتداء كل مرة بالعدد ٢ ومتابعة العدد خطوة خطوة في كل مـــرة حتى بلوغ العدد الكبير المطلوب . كذلك فان تعلم رموز جميع الأعداد بطريقة مشـــابهة لتعلم جدول الضرب هو اقرب الى المستحيل .

ولكن إذا تتبعنا بانتباه تسلسل الأعداد في الجملة العشرية أولاً ثم في الجملة الثنائية فاننا نحصل على المقارنة التالية :

الجملة العشرية	الجملة الثنائية
٠	0
١	1
٢	10
٣	11
٤	100
٥	101
٦	110
٧	111
٨	1000
٩	1001

وهكذا .

وعند تحديد اعداد الجملة الثنائية يهمنا بالدرجة الأولى معرفة عدد الرموز المستعملة للتعبير عن العدد الثنائي والتي توافق عدداً عشرياً محدداً .

فلو مثلنا الأعداد العشرية : ١،٢،٤،٨، . . . . ، التي تقابل الأعداد الثنائية 1 ، 10 ، 100 ، 1000 على شكل عدد ٢ مرفوعاً إلى قوة (اس) ، عندها نتوصل إلى القاعدة التالية :

عندما تزداد القوة (الأس) للعدد ٢ بمقدار واحد فان عدد خانات العدد الثنائي يزداد بمقدار واحد أيضاً .

الجملة العشرية	الجملة الثنائية
١ = $٢^{٠}$	1
٢ = $٢^{١}$	10
٤ = $٢^{١}$	100
٨ = $٢^{٣}$ الخ	1000 الخ

ان الانتقال من (٢)° إلى (٢)¹ في الجملةالثنائية يمثل الانتقالمن عدد مكون من خانة وحيدة إلى عدد مكون من خانتين :1 ← 10: نزيد الاس (القوة) بمقدار واحد (٢²=٤) ، عندها يتحول العدد الثنائي المكون من خانتين إلى عدد مكونمن ثلاث خانات11 ← 100. لننتقل إلى الأس (القوة) التالي فيزداد عدد الخانات في الأعداد الثنائية تبعاً لذلك 111 ← 1000وهكذا دواليك . والملاحظ أن عدد الأصفار بعد الرقم واحد في الأعداد الثنائية يبقى دائماً مساوياً للاس (القوة) التي رفع إليها العدد ٢ في الأعداد العشرية .

٢° (= ١)	1
٢¹ (= ٢)	10
٢² (= ٤)	100
٢³ (= ٨)	1000

وعلى هذا الأساس فان العدد ٦٤ (=٢⁶) يوافق في الجملة الثنائية العدد 000 000 1 والعدد ٥١٢ (٢⁹) يوافق في الجملة الثنائية العدد 000 000 000 1 . ولكن كيف سنتصرف عندما يطلب منا تحويل عدد عشري إلى عدد ثنائي ولايمكن تمثيله بأس (قوة) على شكل عدد صحيح للعدد ٢ ؟ في هذه الحالة نستخدم أقرب عدد صحيح للاس (قوة) ونضيف إليه العدد المناسب من الأرقام واحد . وعلى سبيل المثال فان العدد العشري ٦٦ (= ٢⁶ + ٢) يقابل العدد الثنائي 1 000 010 = 10 + 1 000 000 ، والعدد ٦٧ (= ٢⁶ + ٣)يقابل 1 000 011 = 11 + 1 000 000 .ان تمثيل جميع الأعداد بواسطة رمزين فقط يسمح بالتعبير عنها بواسطة حالتي الصمام الالكتروني بحيث تعبر الحالة الناقلة عن الرقم(1) بينما تعبر الحالة غير الناقلة عن الصفر (0) .

وهكذا فان حالات ربط الصمامات الالكترونية تتطابق مع عمليات الجمع التالية :

$0 + 0 = 0$	(غ + غ = غ)
$1 + 0 = 1$	(م + غ = م)
$0 + 1 = 1$	(غ + م = م)
$1 + 1 = 10$	(م + م = مغ)

عمليات الجمع الثلاث الأولى تتوافق تماماً مع ما اعتدنا عليه في الأعداد العشرية . لكننا نلاحظ في الحالة الرابعة بعض الشذوذ . فالعدد ٢ نحصل عليه في الجملة العشرية نتيجة جمع ١ إلى ١، هنا يعبر عنه في الجملة الثنائية بالعدد 10 .

لاتقتصر فائدة الصمامات الالكترونية على عمليات الجمع وحدها بل يمكننا الاستفادة منها لاجراء عمليات « الضرب » أيضاً وذلك حسب القواعد التالية :

$$0 \times 0 = 0$$
$$0 \times 1 = 0$$
$$1 \times 0 = 0$$
$$1 \times 1 = 1$$

وقد تمكن العلماء من تنفيذ جميع العمليات الرياضية عن طريق تبسيطها إلى عمليات تستعمل الرقمين (0) و (1) فقط .

عندما يطلب من اوتومات الحساب حل مسألة ما عندها يوضع برنامج للحساب بلغة تفهمها « الآلة » ، هذه « اللغة » يتم تدوينها على البطاقات المثقبة (أو الأشرطة) : نكتب الرقم 1 : إذا فتحنا الثقب اما في حال ترك موقعه مصمتاً (مغلقاً) عندها ندون الرقم(0) وهكذا.

المنطق :

نجح الانسان في بناء آلات تحل محله ليس في مجال التحكم بالعمليات الصناعية شديدة التعقيد فحسب بل كذلك في حل المسائل الرياضية الصعبة .

ولكن . . هل يستطيع الانسان من حيث المبدأ أتمتة عملية التفكير ؟ هل بمقدور الانسان صنع آلات تقلد عملية التفكير البشري بمجملها ؟

مما لاشك فيه،انظهور الاوتوماتات الحديثة القادرة على حل المسائل المنطقية لم يكن ممكناً لولا النجاح الواضح في تطوير عام المنطق.لكن المنطق الصوري الذي أرسى قواعده الفيلسوف الأغريقي ارسطو لايصلح لتحليل المسائل المنطقية العلمية الحديثة.لذا لم تحقق الآلات المنطقية المعتمدة على هذا المنطق إلا فائدة عملية محدودة.ولكن في منتصف القرن الماضي بدأ التطور السريع لنظرية حديثة في المنطق : المنطق الرمزي أو المنطق الرياضي . وقد حاول مؤسسو هذه النظرية التوصل إلى « الجمل المنطقية Logic Systems » ، أي التوصل إلى وسيلة منطقية تسمح بالتعامل مع الأفكار بطريقة مشابهة للطريقة التي تتعامل فيها الرياضيات مع الرموز الجبرية مثلاً (آ ـ ب ـ جـ . . . الخ) فهذه الرموز الجبرية يمكن جمعها وضربها الخ ، لذا يتبادر إلى الذهن السؤال : هل بمقدور الانسان جمع الأفكار ؟ لقد بين العلماء أن هذا ممكن من حيث المبدأ .

لننظر مثلاً إلى القول « أحمد أنهى دراسته الثانوية » و «أحمد لديه خبرة عملية » بمقدورنا الآن « جمع » القولين بواسطة أداة العطف

« و » وتحويلهما إلى قول شامل يجمع القوانين السابقين . بنتيجة عملية الربط هذه نصل إلى النتيجة التالية :

« أحمد أنهى دراسة الثانوية ولديه خبرة عملية » .

فاذا رمزنا للقول الأول بالحرف آ وللقول الثاني بالحرف ب ، عندها يصبح بمقدورنا تمثيل عملية الربط هذه بالعلاقة آ $\cap$ ب ، حيث يمثل الرمز $\cap$ علامة الجمع « و » .

ولكن متى تكون عملية الربط صحيحة أيضاً ؟ طبعاً عندما تكون جميع المكونات التابعة لها صحيحة . ففي مثالنا السابق تكون عملية الربط صحيحة عندما يكون أحمد قد أنهى دراسته الثانوية فعلاً وأصبحت لديه خبرة عملية كذلك . وفي حال كون أحد القولين خاطئاً فان عملية الربط ستصبح غير صحيحة أيضاً .

يمكن التعبير عن هذه العلاقة بالجدول التالي :

آ	ب	آ $\cap$ ب
ص	ص	ص
ص	خ	خ
خ	ص	خ
خ	خ	خ

يفهم من السطر الأول في الجدول مايلي : إذا كان القولان آ و ب صحيحين (ص كرمز لكلمة صواب) عندها تكون عملية الربط آ $\cap$ ب صحيحة أيضاً ونجد في السطر الثاني أن صحة آ وخطأ ب (خ ترمز لكلمة خطأ) تؤدي إلى خطأ الربط آ $\cap$ ب .

من ناحية أخرى فان الأمر لايقتصر على ربط الأفكار بواسطة أداة العطف « و » بل بمقدورنا كذلك استخدام الصيغة « أو » ويمكننا على سبيل المثال جمع القولين « أحمد لديه خبرة عملية » أو« نجح أحمد بتقدير جيد جداً » إلى القول الاجمالي « أحمد لديه خبرة عملية»او«انه نجح بتقدير جيد جداً»ويتم الجمع بين القولين هنا بواسطة الرمز U . وليس هنالك مايمنع من تحقيق كلا القولين .

ولكن لكي تكون عملية الربط هذه صحيحة فلا بد أن يكون أحد القولين—على الأقل — صحيحاً . اما إذا كان كلا القولين صحيحاً بأن «أحمدلديهخبرةعملية» و«نجحفعلاً بتقدير جيد جداً»عندها تكونالنتيجة صحيحة أيضاً عندما تقول « أحمد لديه خبرة عملية او نجح أحمد بتقدير جيد جداً » .

وحتماً إذا كان أحد القولين فقط صحيحاً ، تبقى النتيجة رغم ذلك صحيحة . ولاتصبح النتيجة خاطئة إلا عندما يكون كلا القولين خاطئاً .

ويمكن تمثيل هذه الحالات بالجدول التالي :

آ	ب	آ U ب
ص	ص	ص
ص	خ	ص
خ	ص	ص
خ	خ	خ

ليس من الصعب على المرء أن يتقبل فكرة « جمع الأفكار». ولكن ماعلاقة ذلك كله بعمليات الجمع والضرب الرياضية ؟ وخاصة ان المظاهر توحي بأن جمع الأعداد وضربها يتم وفق قوانين خاصة تختلف عن تلك المتعلقة بجمع الأفكار بواسطة أدوات العطف « و » و« أو » ؟ لكن هذه المظاهر خادعة تماماً ، لان قوانين الجمع والضرب الرياضية من جهة وقوانين جمع الآراء من جهة أخرى تتميز بتشابه يدعو إلى العجب .

إن القواعد الأساسية التي تعتمد عليها العمليات الرياضية المألوفة باستخدام الرموز الجبرية الاعتيادية هي التالية :

آ + ب = ب + آ   (العملية تبديلية)

آ × ب = ب × آ   (العملية تبديلية)

وتوضح هذه العلاقات امكانية تغيير مواضع الرموز المختلفة في عمليات الجمع والضرب :

(آ + ب) + حـ = آ + (ب + حـ)

(آ × ب) × حـ = آ × (ب × حـ)

هنا نلاحظ ان وجود الأقواس لم يؤثر على النتيجة النهائية :

آ × (ب + حـ) = (آ × ب) + (آ × حـ)

وهذا هو مبدأ « تقسيم » العمليات المسموح به في الجمع والضرب . والمبدأ نفسه ينطبق أيضاً على العمليات المنطقية .

فاذا استعضنا عن الجمع الحسابي بالصيغة « أو » وعن الضرب بالصيغة « و » عندها نحصل على العلاقات التالية :

آ ∪ ب = ب ∪ آ

آ ∩ ب = ب ∩ آ

(آ ∪ ب) ∪ جـ = آ ∪ (ب ∪ جـ)

(آ ∩ ب) ∩ جـ = آ ∩ (ب ∩ جـ)

آ ∩ (ب ∪ جـ) = (آ ∩ ب) ∪ (ب ∩ جـ)

وليس من الصعب طبعاً على القارىء أن يتأكد بنفسه من صحة العلاقات الأخيرة. فصحة الصيغتين « و » و « أو » لاتتعلق اطلاقاً بتتابع المكونات المعالجة . وبمقدورنا وضع الأقواس بصورة اختيارية تماماً على المكونات . واعقد هذه العمليات موجود في السطر الأخير من الجدول السابق ، لكنها صحيحة أيضاً . نفرض مثلاً أن آ تعني « أحمد أنهى دراسته الثانوية » وان ب تعني « أحمد لديه خبرة عملية » وأن جـ تعني « أحمد نجح بتقدير جيد جداً » .

وان نظرنا إلى الطرف الأيمن من المعادلة الأخيرة في الجدول السابق فاننا نجد أن احمد « انهى دراسته الثانوية واما أن لديه خبرة عملية أو انه نجح بتقدير جيد جداً » . ومن الواضح أن هذا التعبير يتوافق مع : « إما انه انهى دراسته الثانوية ولديه خبرة عملية أو انه انهى دراسته الثانوية ونجح بتقدير جيد جداً » .

طالما كانت هذه العلاقات تحدد عمليات الجمع والضرب في الجبر ، فبمقدورنا صياغة جميع عمليات الجمع والضرب على شكل علاقات

منطقية تعتمد على الصيغ المنطقية « و » و « أو » . نكتب على سبيل المثال التعبير الجبري :

آبحـ + بحـد = (آ+د) بحـ . نعوض عن الرموز آ و ب ، حـ ، د باقوال ونعوض عن اشارات الجمع والضرب باشارات الصيغ « و » و «أو» عندها نحصل على تعبير منطقي سليم تماماً .

وبسبب هذا التشابه فقط أطلق على صيغة « و » اسم « الضرب المنطقي » وعلى الصيغة « أو »اسم « الجمع المنطقي » ولابد من الأشارة هنا إلى أن التشابه ليس كاملاً بين عمليات الضرب والجمع الجبرية المنطقية فالعلاقات المنطقية تتميز بوجود بعض المواصفات الخاصة التي لاتتمتع بها العلاقات الجبرية . ففي الجبر يؤدي جمع حدين متماثلين (أو ضربهما) إلى نتائج مختلفة : آ × آ = آ٢ . آ+ آ = ٢ آ .

أما في المنطق فان « الضرب المنطقي » لفكرتين متماثلتين يؤدي إلى النتيجة ذاتها التي يتم التوصل إليها « بالجمع المنطقي » : آ∩آ=آ ، آ∪آ=آ (مثال : « الجو حار في الشارع » و«الجو حار في الشارع » . « الجو في الشارع اما حار أو حار » = « الجو حار في الشارع ») .

وبالتالي فان حاصل ضرب عدد جبري بنفسه أو حاصل جمع حد جبري مع نفسه ليست متماثلة بشكل عام -- مع الحد الجبري نفسه . أما « الجداء المنطقي » فهو متماثل مع النتيجة . لذا فليس هنالك أي معنى أو ضرورة لاستخدام مفهوم الأس (القوة) في المنطق .

من ناحية أخرى نصادف في المنطق عمليات ليس لها أية عمليات مشابهة بصورة مباشرة — في الجبر العادي ، وهذا ينطبق بشكل خاص

على العملية البسيطة والهامة جداً في الوقت نفسه وهي النفي وكما تدل التسمية فان احدى العبارات تنفي عبارة أخرى : « نجح في الأمتحان » «لم ينجح في الأمتحان » = « ليس صحيحاً انه نجح في الامتحان». في العادة يتم التعبير عن النفي بواسطة خط أفقي فوق الرمز المراد نفيه فاذا كان التعبير في البداية آ ، عندها يكون $\bar{آ}$ نفيه وعندما يكون التعبير آ صحيحاً يصبح آ غير صحيح والعكس بالعكس . وهذا يتم التعبير عنه بالجدول التالي :

آ	$\bar{آ}$
ص	خ
خ	ص

الصيغ المنطقية « و » ، « أو » و « النفي » هي الأساس لجميع عمليات المنطق الرمزي . وإلى هذه الصيغ يمكن ازجاع جميع العمليات المنطقية ، تماماً كما ترجع سائر العمليات الجبرية الى الجمع والطرح وحدهما (بمساعدة اللورغايتم مثلاً) .

وعلى سبيل المثال لنأخذ العلاقة المنطقية التي تمثل « شرطاً » مع « جواب الشرط » في هذه العلاقة لايسمح للمرء بقبول أحد القولين دون القول الآخر . فاذا كان القولان « درجة حرارة خالد مرتفعة » و«خالد مريض» في حالة العلاقة الشرطية هذه، عندها يجبرنا قبول الشطر

الأول « درجة حرارة خالد مرتفعة » إلى قبول صحة جواب الشرط « خالد مريض » . واقرب الصيغ اللغوية إلى ذلك هي «إذا . . . . فان» : « إذا كانت درجة حرارة خالد مرتفعة ، فان خالد مريض » . ويتم التعبير عن الصيغة الشرطية بالرمز آ ← ب .

يفهم من التعبير آ ← ب مايلي : اذا كانت آ صحيحة ، فان ب صحيحة أيضاً . وكذلك إذا كانت ب غير صحيحة ، عندها تكون آ أيضاً غير صحيحة . وهذا مطابق تماماً لنفي صيغة « و » : ب∩آ : فاذا كانت ب خاطئة ، عندها تصبح آ غير صحيحة أيضاً . وهكذا أصبح بمقدورنا ارجاع هذه الصيغة الشرطية المعقدة إلى الصيغ التي ألفناها من قبل وهي صيغ « النفي » و « و » : ب̄ ∩ آ

لايكون الاستنتاج الشرطي خاطئاً إلا إذا كان التعبير الأول صحيحاً والثاني خاطئاً . اما في سائر الحالات الأخرى فان الصيغة الشرطية تبقى صحيحة وهذا يوضحه الجدول التالي :

آ	ب	آ ← ب
ص	ص	ص
ص	خ	خ
خ	ص	ص
خ	خ	ص

ونؤكد من جديد أن وجود بعض التباين بين العلاقات المنطقية والجبرية لايعيق استخدامها في الحياة العملية لان العلماء توصلوا إلى صيغ « للالتفاف» على هذه الفروق وتخطيها . وقد سمحت امكانية ارجاع الصيغ المنطقية « و » و « أو » إلى عمليات جبرية بسيطة هي الجمع والضرب إلى تسخير اوترمات الحساب لتنفيذ العمليات « المنطقية » ويعتبر هذا الانجاز ، واحداً من أهم الدعائم التي نهض عليها علم الاوتومات العام .

علم اللسانيات

من حيث المبدأ لم تسنح الفرصة لأتمتة العمليات الجبرية والمنطقية إلا بعد التوصل إلى صياغتها بصورة رمزية شكلية فقد كان من المستحيل التوصل إلى الاتمتة لو اضطرت الأوتوماتات أثناء عملية الحساب إلى الأخذ بعين الاعتبار كلا من نوعية الأجسام ومضمون الأفكار التي تشكل أطراف العمليات المنطقية الجبرية . و بذلك ستستحيل الاتمتة لو اضطرت الآلة عند قيامها بالعمليات الحسابية إلى الاستعانة بعلاقة رياضية خاصة بالبشر واخرى خاصة بالحيوانات ، وثالثة خاصة بالأزرار ...الخ . وكذلك فيمالو اضطرت عند معالجة الأفكار إلى استخدام علاقة خاصة لمعالجة الأفكار المتصلة بالانسان واخرى حول الحيوان وثالثة حول النبات ، والانطلاق من أن كلا منهـــا يخضع لقواعد مختلفة . فليس بمقدور الآلة الا تنفيذ تعليمات دقيقة « شكلية » بواسطة علاقات واضحة مفصلة مثل :

آ+ب = ب+آ بغض النظر عن القيمة الفعلية (آ و ب)، مع اهمال ماتعنيه من آجسام في كل حالة معينة . فالقيمة س تساوي ع طالما كانت س تساوي م و م تساوي ع ، بغض النظر عن المفاهيم التي تمثلها الرموز س ، ع ، م . ويمكن التعبير عن مثل هذه العلاقات دوماً بشكل علاقات « رمزية » تتمكن الآلة من « فهمها » واستعمالها .

وكما بينا في الفقرات السابقة فان التفكير البشري لايقتصر على عملية الحساب والاستنتاج المنطقي بل يتعداه إلى جوانب أخرى كثيرة ، أهمها التعبير اللغوي والتعبير عن الأفكار وتبادل الأراء بواسطة اللغة واللسان.وبالتالي نسأل ؛ هل يمكن اتمتة هذا الجانب من النشاط البشري ولو بصورة جزئية على الأقل ؟

يتعلق الجواب على هذا التساؤل بالدرجة الأولى بامكانية تحويل العمليات اللغوية إلى الصيغة الشكلية . فهل تحتوي اللغة على علاقات مجردة شكلية عامة مثل تلك التي شاهدناها في علوم الجبر والمنطق ؟

من المعروف أن كل لغة تتألف من كلمات . ونحن نعرف كذلك أن الانسان يستخدم كلمات مختلفة للتعبير عن المفاهيم المتباينة أثناء عملية تبادل الافكار . ولو تصورنا أن احد البشر حفظ جميع مفردات احدى اللغات عن ظهر قلب ، كأن يحفظ القاموس مثلاً ، فهذا لايعني اطلاقاً أنه تمكن من تلك اللغة وان بمقدوره استخدامها والاستفادة منها في تبادل الأفكار مع الأفراد الآخرين الذين يتكلمون تلك اللغة . ولكي يتمكن من التعبير عن أرائه لغوياً فلا يكفي أن يعرف المرء كلمات

ومفردات مستقلة فحسب بل عليه أيضاً أن يعرف كيف يستخدمها . فأثناء الحديث لايكتفي المتخاطبون باستخدام كلمات منفردة بل يستخدمون « جملاً مفيدة » يتم بناؤها من الكلمات حسب قواعد محددة . وهذه القواعد لابد من التقيد بها من قبل كل متكلم يود إفهام سامعيه بقصده من الحديث. فلو قال احدهم « الانسان ، الكلب ، يخاف » عندها يفهم السامع أن الامر يتعلق بانسان وبكلب وبأن احدهما يخاف من الآخر . ولكن من يخاف ممن؟ هل يخاف الانسان من الكلب أم أن الكلب يخاف من الانسان؟ وبالطبع فان الجملة تبقى غامضة . لكن هذه الناحية بالذات ، جوهرية جداً لفهم مضمون الجملة ، إذا أن رصف الكلمات وراء بعضها لايكفي لتشكيل جملة مفيدة . فالعلاقة بين الكلمات وارتباطها ببعضها يبقى غير واضح . ولهذا السبب لاتعطي هذه الكلمات أي مضمون محدد .

في مثالنا لابد من التقيد بقراعد اللغة فالجملة تصبح على سبيل المثال : « الانسان يخاف الكلب » . وهكذا يتوصل المرء إلى مفهوم واضح. عندما تأخذ الكلمة موقعها السليم في الجملة وعندما تأخذ الجملة «صيغة» او «شكلا» محدداً ، بحيث يعبر القول عن « علاقات » محددة بين الاجسام الموصوفة بواسطة الكلمات . ولكن ماهو دور « الشكل » في اللغة ككل ؟

دعنا نقارن الآن سلسلة من الكلمات : يكتب ، يقرأ ، يرسم ، يرغب ، يرى ، يذهب ، يتكلم . . . الخ . جميع هذه الكلمات عبارة عن « أفعال » مختلفة ورغم تباينها فانها تضم بعض المزايا المشتركة اهمها أن الحرف الأول في كل منها هو نفسه . وبالطبع تختلف هذه الأفعال

بعضها في مضمونها . فماذا يبقى منها بعد أن «نجردها» من هذا المضمون ؟ إن الحرف الأول (حرف الياء) الذي لايشكل اي معنى بحد ذاته يدل على أن الأمر يتعلق « بافعال مضارعة » فاعلها مفرد غائب (هو) .

كذلك اذا نظرنا إلى الكلمات : قارىء ، كاتب ، عائد ، قائد ، واقف ،شارب ، نائم فاننا نجد أنها تمثل جميعاً « اسم فاعل » بغض النظر عن العملية التي يقوم بها .

وعندما ننظر إلى الكلمات : بيضاء ، زرقاء ، سمراء ،فيحاء ،غناء ، رقطاء لوجدنا انها تشترك في كونها « صفات مؤنثة » مفردة بغض النظر عن مضمونها .

وهكذا نرى أن الصيغ اللغوية مثل الصيغ الجبرية والمنطقية يمكن الحصول عليها عن طريق « تجريدها » من مضمونها المحدد المتعارف عليه في الكلام العادي . واهم مايميز هذه الصيغ اللغوية المجردة انها لاتمثل كياناً قائماً بذاته بل لاتعدو كونها عضواً أو حلقة في سلسلة ذات ارتباطات معينة تحددها قواعد اللغة . ومن الواضح ان الأمر لاينطبق على الكلمات في الجمل فحسب بل ينطبق أيضاً على دور الحروف في الكلمة وهذه لاتؤدي أي معنى إلا عن طريق ارتباطها بالاحرف الأخرى.

جميع هذه « العلاقات » تمثل كلا معقداً من الارتباطات الشكلية بين عناصر اللغة ويطلق عليها اسم « بنية » اللغة ، هذه الصيغ اللغوية الشكليةتضمن دقة اجراء العمليات اللغوية وسهولتها وهذا يفسح المجال من حيث المبدأ لاتمتة اللغة والترجمة الآلية .

علم وظائف الأعضاء (الفيزيوجيا) وعلم النفس

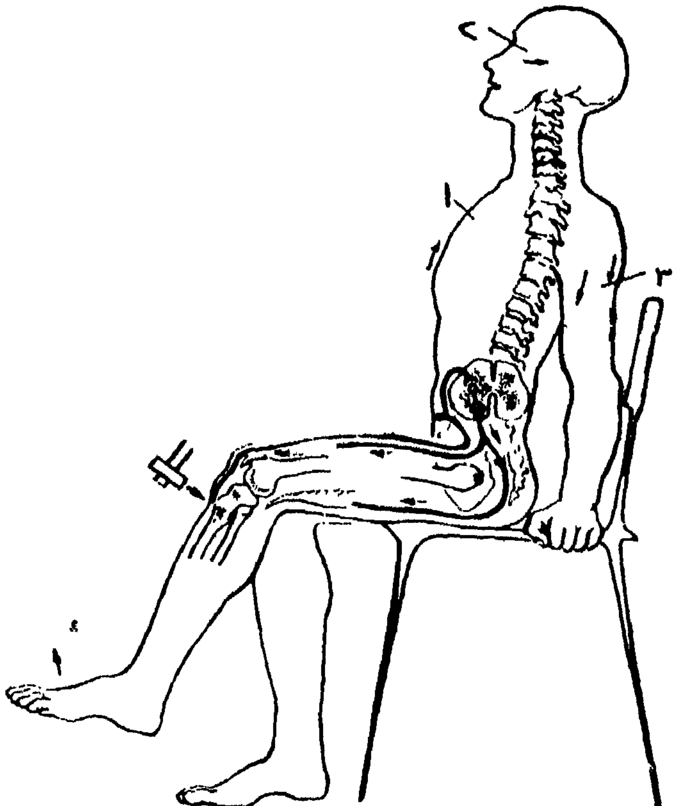
يشمل النشاط البشري جوانب أخرى عديدة ، غير تلك التي استعرضناها فيما سبق . فهل يمكن أتمتة بعضها على الأقل ؟

الاتمتة تعني تسليم الأمر إلى الآلة ، لذا لاتنجح الاتمتة — من حيث المبدأ — الا مع اوجه النشاط البشري التي تجري بدون تدخل الوعي الانساني وبالتالي يتوجب علينا — قبل التصدي للسؤال السابق — البحث في الجسم البشري عن عمليات فيزيولوجية او نفسيةتشابه العمليات الاوتوماتيكية .

يقوم الانسان بسلوكه بصورة واعية عموماً . وقبل البدء بأي تصرف يضع الانسان لنفسه « هدفاً » . ويحدد الطريقة التي ستوصله إليه وهو يقوم بتعديل سلوكه في كل لحظة حسب الظروف المستجدة ، وينسق بين تصرفاته بحيث يصل إلى هدفه الموضوع . فالطالب الذي يستعد للامتحان يقرأ الكتب المقررة ويلخصها ويطلع على المراجع المناسبة ويتأكد من معلوماته في هذا المجال او ذاك ويسأل مدرسه عن الأمور التي تغمض عليه . . الخ .

لكن هذا لايعني أن جميع اوجه النشاط الانساني تتم بشكل مقصود وواع . فالانسان لايستطيع التحكم في احمرار وجهه او اصفراره . وكذلك فهو عاجز عن التحكم الارادي بعمليات الهضم او دوران الدم . وباختصار فان كل العمليات الحيوية التي تجري داخل جسم الانسان — وباستثناء التنفس — لامجال للارادة أو الوعي للتأثير عليها : أنها تجري بصورة « اوتوماتيكية » توجهها بعض مراكز المخ .

النشاط الاوتوماتيكي غير الواعي لايقتصر على الأعضاء الداخلية بل يشمل كذلك عضلات الانسان ، وذراغيه ، وارجله ، واعضاءه الخارجية الأخرى . ومع أن حركة هذه الأجزاء تابعة لارادة الانسان يحركها وقت يشاء ، وكيف يشاء ، إلا أنها في أحيان أخرى تتحرك بشكل تلقائي . فالولد الذي يقرب يده من جسم ساخن يسحبها بسرعة بدون وعي . وهذه العملية تعرف باسم « المنعكس الشرطي » ويختبر الطبيب المنعكسات لدى المريض بتوجيه ضربات خفيفة بالمطرقة إلى ركبته كما هو مبين في الشكل المرفق .



دائرة قوس الفعل المنعكس الشرطي لارتكاس الركبة
١ – الاعصاب الحساسة ٢ – النخاع الشوكي ٣ – الاعصاب المحركة .

وعلى سبيل المثال نأخذ الراقص على الحبل في السيرك . ولكي يقوم الراقص بعمله لابد له من ضبط حركات جميع أجزاء جسمه بشكل متناسق وان يتعود توجيه هذه الحركات بشكل سليم كي لايختل توازنه . لذا يتوجب عليه اجتياز فترة تدريب طويلة تستغرق عدة سنوات وهنا يتعود هذا الراقص اخضاع جميع الحركات لسيطرة ذهنه الواعي (الارادي) .

أثناء التدريب يدرس الراقص الوضع السليم لجملة الحركات وكلما أتقنها بشكل أفضل ، كلما قل جهده الواعي أثناء تنفيذها وتصبح بالتدريج « تلقائية » اوتوماتيكية ، وعندها تصبح هـــذه العملية الاوتوماتيكية جزءً لايتجزأ من وعي ذلك الراقص .

إن الفعاليات الاوتوماتيكية تلعب دوراً بارزاً في حياة الانسان فهي تحرر وعي الانسان (أو ذهنه) من التفكير بالعمليات الصغيرة التافهة وتسمح له بالتركيز على أهدافه الهامة كالطيار الذي يتحكم بصورة أوتوماتيكية بعشرات الأجهزة دون تدخل ذهنه ولكنه يضطر إلى استخدام كل قواه الذهنية في حالات الطوارىء غير الاعتيادية كحالات الهبوط الاضطراري مثلاً .

إن جميع فعاليات السلوك الآلي هذه تقع ضمن جملة مايسمى « بالمنعكسات الشرطية » مثل كلب بافاوف الذي ارتبط قرع الجرس في ذهنه بوجبة الطعام .

حياة الانسان الواعية وغير الواعية (الارادية وغير الارادية) على

حد سواء تخضع لقيادة الجملة العصبية ويجد الانسان نفسه دوماً مرتبطاً بما يحيط به وكل تغير في الظروف الخارجية يؤدي — بشكل عام — إلى تغيرات في جسم الانسان. فالبيئة ترسل إلى الجملة العصبية اشارات تحرض ردود فعل معينة عند الانسان.

وهكذا بمقدورنا — من حيث المبدأ — تصور ظهور رد فعل محدد عند الانسان لدى اخضاعه لتأثير معين وهذا الأمر نفسه ينطبق على الآلة. وعلى هذا الأساس يمكننا التعبير عن القوانين التي تحكم الجملة العصبية بالعلاقات الرياضية (مثل الآلة) وهذا يفتح المجال للبحوث المفصلة التي تدرس المبادىء العامة المشتركة لكل من الاوتومات والجملة العصبية.

• • •

الفصل الثالث

ميلاد السبرنتيك

كانت الأسس التقنية والعلمية التي استعرضناها في الفقرات السابقة بمثابة التربة الصالحة والمناخ الملائم الذي ينتظر البذرة المناسبة . وقد كانت ثمرة ذلك كله « علم العلوم : السيبرنتيك » وذلك في عام ١٩٤٨ عندما فاجأ العالم الكبير نوربرت فينر * العالم بكتابه « السيبرنتيك أو التحكم والاتصال في الآلة والحيوان » .

وكلمة « سيبرنتيك » مشتقة من لفظة في اللغة اليونانية القديمة ويقصد بها دقة السفينة أو دقة التوجيه فيها ، حتى ان الفيلسوف الأغريقي أفلاطون الذي عاش بين عامي /٤٢٧و ٣٤٧/ قبل الميلاد استعملها عندما أراد المقارنة بين فن حكم الدولة وبين فن توجيه السفن .

(*) نوربرت فينر (١٨٩٤ – ١٩٦٤) عالم أمريكي كبير وأحد عباقرة القرن العشرين . حصل على البكالوريوس وعمره (١٤) سنة وعلى الدكتوراه من جامعة هافارد وعمره / ١٩ / سنة . قام بتدريس الرياضيات في معهد ماساشوستس التكنولوجي وهو أشهر معاهد التكنولوجيا في الولايات المتحدة الامريكية مدة / ٤٠ / عاماً حتى اعتزل الخدمة كأستاذ للرياضيات في عام / ١٩٦٠ / أعد فينر / ٢٠٠ / بحث في العلوم الرياضية والفيزيائية وألف / ١١ / كتاباً في مواضيع متعددة وحصل على الميدالية الوطنية الامريكية للعلوم عام / ٣ ١٩٦ / .



في النصف الأول من القرن الماضي تساءل العالم الفرنسي الشهير أندريه أمبير * « أليس من الغريب والعجيب أن تتمكن جميع الكائنات الحية من حماية حياتها والمحافظة عليها ؟ » . . « لماذا تطير الفراشة في اتجاه معين دون غيره ؟ » . . . « لابد أن يكون هناك شيء ما يجبرها على ذلك » .

درس أمبير أسباب الحركة مدة طويلة ، إلا أنه لم يستطع الاجابة عن جميع التساؤلات . ان سبب سقوط الحجر واضح ومفهوم وهو عدم وجود مرتكزات يعتمد عليها وبسبب وجود قوى الجاذبية الأرضية . ولكن ماذا عن سبب حركة السفينة ؟ هل هو قوة الريح أو البخار ! أم

(*) اندريه ماري امبير (١٧٧٥ - ١٨٣٦) فيزيائي ورياضي وفيلسوف فرنسي وهو أحد رواد علم الكهرباء .اشتهر بدراسة العلاقة بين المغناطيسية والكهرباء ما قاد إلى اكتشاف الآلات الكهربائية وقد سميت واحدة « شدة التيار الكهربائي » باسمه تكريماً لجهوده في هذا المجال .

أن وجود الريح أو البخار وحده لايكفي ؟ ولابد في جميع الأحوال من ملاح ماهر قادر على توجيه السفينة وقيادتها إلى المرفأ المطاوب . هل يعني ذلك أن القبطان هو سبب حركة السفينة ؟

لا ، أجاب أمبير على هذا السؤال ، وقرر انه يجب النظر إلى الموضوع من الطرف الآخر . . . لابد من وضع جميع الظواهر الشهيرة ومقارنتها مع بعضها للعثور على السبب المشترك الموجود فيها جميعاً .

عند هذا الحد فكر أمبير مرة أخرى . . . لنأخذ طيران الفراشة وحركة السفينة ماهو الشيء المشترك بينهما عدا عن الانتقال بتأثير الحركة ؟ وأجاب أمبير ، ان لدى السفينة هدفاً يعرفه القبطان ، فهل لدى الفراشة هدف يسيرها ؟ لا ، ليس لديها هدف ولكن لعل الفراشة تتحرك بتأثير عامل بديل يعوضها عن الهدف ؟ لعلها الحاجة ، أو الضرورة.. كذلك فان هدف القبطان يتحدد أيضاً بضرورات معينة . وبالتالي فان السفينة ، وكذلك الفراشة ، تتحركان في اتجاه معين بفعل الضرورة .

عند هذا الحد تساءل أمبير : ولكن ماالذي يربط بين « الضرورة » و « الحركة » الموجهة لتحقيق هذه الضرورات والحاجات ؟ . . . لابد من وجود آلية معينة أو ارتباط أو اتصال بين « الحاجة والضرورة » وبين « الحركة » ، وهذا الارتباط هو الذي يحول الحاجيات « غير المفهومة » إلى أوامر دقيقة لقبطان السفينة وإلى الفراشة كي تحدد اتجاه طيرانها .

أغلق أمبير عينيه وحاول أن يتصور كيف يمكن للضرورة أن تحدد الحركة . . تخيل أمبير أن هذه الضرورات عبارة عن اطفال ذوي أجنحة ينقلون رغباتهم إلى « شيء ما » وان هذا « الشيء » يتقبل هذه الرغبات

ويعتبرها رغباته الخاصة فيبدأ « بتوجيه » عضلاته وتحريكها بحيث تقوم بالحركة المناسبة . ومع أن امبير توصل إلى تحديد مفهوم « التحكم » إلا أنه في ذلك الوقت لم يكن من المألوف استعمال كلمة « توجيه ، قيادة تحكم » مع العضلات وانما كانت فقط مرتبطة بالحكومة وهي تعني اصدار الأمر إلى الناس الذين يعيشون في منطقة معينة .

فكر أمبير : إذا استطعنا أن نفصل عملية « التوجيه والقيادة » عن « الجسم المقود » فيمكننا عندها دراسة امكانيات هذه العملية وقوانينها . عندها نحصل على « علم التوجيه والتحكم » . . . ليس فقط التحكم بالحكومات أو الولايات وانما « التحكم » بصورة عامة .

لم يكن من السهل آنذاك تفسير النتيجة التي توصل إليها أمبير ، لذا فقد رأى أن الأمر لايزال بحاجة إلى الكثير الكثير من المراقبات والتجارب « أما الآن ، فلا بد من اتصال عملية « التحكم » بجسم مايتم التحكم به » .

ثم كتب امبير : « السيبرنتيك : هو علم التحكم . . . بالولايات ، انه علم حكم الولايات والأقاليم ، علم السياسة » :

وينسب إلى أمبير انه استعمل كلمة « السيبرنتيك » في معرض وصفه لطريقة الحكم التي كانت تتبعها الحكومة الفرنسية آنذاك ، اذ كانت تسوس الدولة بطريقة معينة للوصول إلى هدف كان موضوعاً من قبل. ولكي يكون العمل « سيبرنتيكياً » يجب أن يكون الهدف محدداً مسبقاً .

وهكذا ولد هذا العلم الذي لم يكن معروفاً من قبل — وقد بقي الأمر مجهولاً حتى أربعينات القرن الحالي . فحتى ذلك التاريخ كان

عمل مهندسي الاتصالات مجهولاً بالنسبة للاطباء وعلماء الأعصاب كما آن عمل الاطباء والفيزيولوجيين كان مجهولاً بالنسبة لمهندسي الكهرباء.

في الأربعينيات أجتمع /٣/ علماء كبار يمثلون اختصاصات متعددة :

أولهم العالم الامريكي الكبير والرياضي الشهير نوربرت فينر .

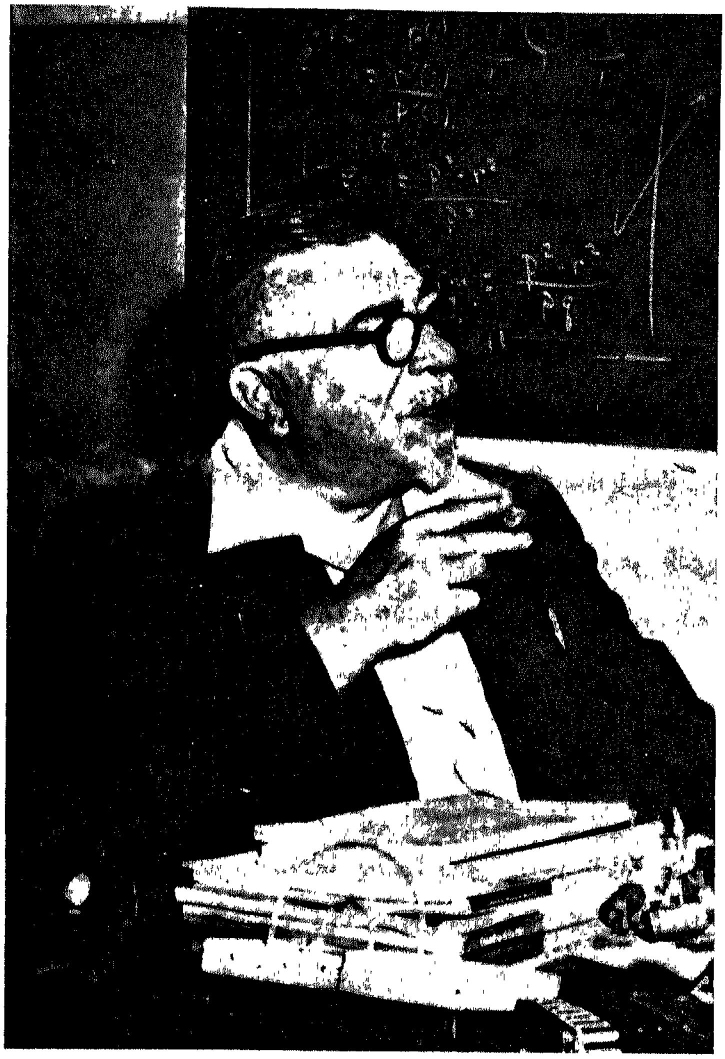
ثانيهم ارتورو روز نبلوت الطبيب المكسيكي الأصل وهو واحد من أكبر علماء الفيزيولوجيا في القرن العشرين .

وثالثهم جوليان بيجيلو وهو مهندس كهربائي اشترك مع فينر في البحوث المتعلقة بالتحكم .

أشهر أفراد المجموعة - هونوربرت فينر وهو الذي تولى تقديم عمل المجموعة إلى الجمهور عندما أصدر كتابه المشار إليه آنفاً في عام ١٩٤٨ ، وبين فيه أن عمليات الاتصال والتحكم ونقل المعلومات في الانسان والآلة والمجتمع البشري متماثلة .

يعتبر فينر الأب الروحي لعلم السيبرنتيك اذ حدد اسمه وتعريفه وربط فيه العلوم المختلفة بعضها ببعض داخل اطار نظرية التحكم . ويعود إليه أيضاً الفضل في اكتشاف العلاقة بين التصرف الهادف لكل من الطبيعة الحية والطبيعة الجامدة .

يقول فينر : « كانت المشكلة الأولى ايجاد تسمية لهذا العلم الجديد . في البدء بحثت عن كلمة اغريقية تعني « الساعي » إلا انني لم اعرف غير (Angelos) لكن هذه الكلمة تعني بالانكليزية « الملاك Angel » وهذه كانت مستخدمة من قبل للدلالة على « ساعي الله » . بعدها بحثت



العالم الامريكي نوربرت فينر

عن كلمة مناسبة من مجال القيادة والتحكم . الكلمة الوحيدة التي خطرت على بالي كانت الكلمة الاغريقية التي تصف الرجل الذي يوجه السفينة « كيبرنتيس Kybernetes » وبهذا الشكل كونت كلمة « سيبرنتيك » . بعدها تبين لي أن كلمة مشابهة استخدمت منذ بداية القرن التاسع عشر من قبل الفيزيائي الفرنسي أمبير ، لكنني لم أكن أعلم ذلك » .

وهكذا ظهرت تسمية هذا العلم الذي كتب عنه الكثير في السنوات الأخيرة والذي أثار الكثير من الجدل والنقاش . ولكن كيف نشأت نظرية السيبرنتيك ؟ .

لعل أهم مايميز الكائنات الحية مقدرتها على التأقلم مع شروط البيئة الخارجية المحيطة بها . وخلال عملية التأقلم تلجأ الكائنات الحية إلى تقنيات عديدة لتحافظ على حياتها وعلى استمرار بقائها . أشهر هذه التقنيات هي التحكم بالحرارة ، الوراثة ، النمو والتكاثر .

درس الانسان هذه « التقنيات العضوية » وفي مرحلة لاحقة بدأ بتقليدها في محاولة منه لابتكار « آلات تعتمد على تكنولوجيا الاحياء » كالطائرة المشابهة لتحليق الطيور ، أو الحاسب المشابه للجملة العصبية . . وبمرور الزمن تزايد عدد الوظائف الحيوية التي يكتشفها الانسان ويقلدها في آلاته المبتكرة . وقد نجح الانسان في التوصل إلى تقليد الاحياء في وظائف القيادة والتحكم ونقل المعلومات وربما يتمكن في الغد القريب من تقليد الوراثة والسلوك الذكي .

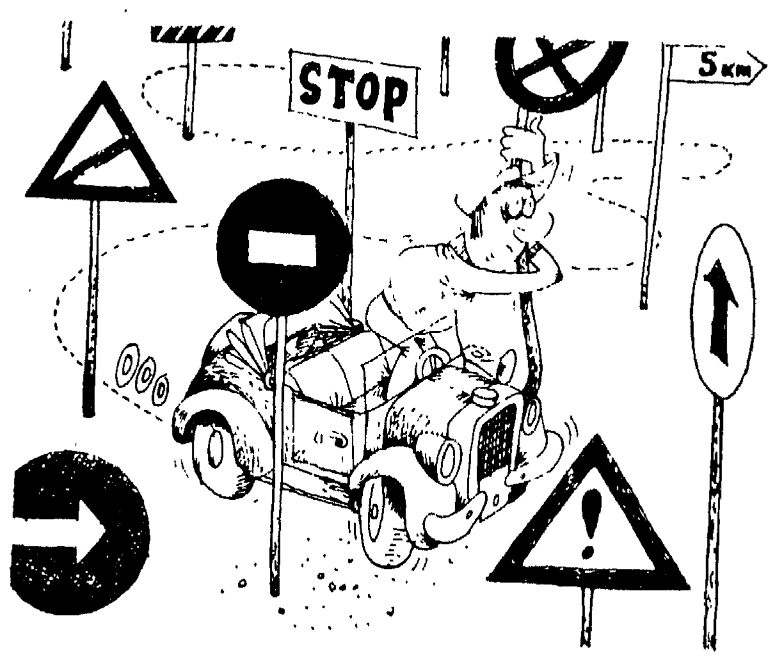
وهكذا فقد أصبح جسم الانسان مادة لادق أنواع الدراسة والبحث بوصفه نظاماً سيبرنتيكياً (نظام تحكم) من الدرجة الأولى لأن الجسم

وحدة يتكيف بشكل يضمن البقاء ويحافظ عليه . وهكذا فقد وجد أن عملية « التحكم » في الكائن الحي تمر بالمراحل التالية : تتلقى اعضاء الحس تأثيرات الوسط الخارجي التي تنتقل إلى الدماغ بواسطة الأعصاب ، وهناك تتم معالجة الاشارة الواردة ثم يصدر الأمر في الدماغ وينتقل بواسطة الأعصاب إلى أعضاء الجسم لتقوم برد الفعل المناسب . وبهذا الشكل ذاته يتصرف الجسم حيال المواقف المختلفة من حرارة أو برودة أو مخاطر . . . . الخ .

باختصار نقول إن السيبرنتيك يدرس الخصائص المشتركة المميزة لمختلف عمليات التحكم التي نجدها في الطبيعة الحية وفي العالم العضوي وفي مجموعات البشر . إن التشابه المذهل لعمليات التحكم في المجالات المختلفة هو الذي أصبح أساساً لظهور علم السيبرنتيك . والجدير بالذكر أن أجهزة التحكم نفسها – الحية والصناعية – تحتوي على عناصر تؤدي وظائف متشابهة كاستقبال المعلومات وانتقالها ، .وحفظها . الخ .

والسؤال الذي يطرح نفسه هو : لماذا لم يلتفت البشر في الماضي إلى « تكنولوجيا الأحياء » ، ولماذا تأخر اهتمامهم بها حتى أواسط القرن العشرين ؟ والجواب يكمن بكل بساطة في تخصص العلوم ويعتبر هذا التخصص واحداً من أهم الأسباب الجوهرية التي أدت إلى خلق هوة واسعة بين التكنولوجيين من جهة وبين علماء الأحياء من جهة أخرى. وقد تحول ذلك مع الزمن إلى شبه فراق لان كل طرف أصبح جاهلاً تماماً بعمل الطرف الآخر . وقد بقي ذلك إلى أن أتاحت الظروف لقاء

الطرفين ضمن مجموعة فينر التي اشرنا إليها . إلا أن بعض المصادر * تذكر أن التكنولوجي هيرمان شميت كان أسبق من فينر في اكتشاف أن المبدأ الذي يحكم عمليات التحكم في كل من الجمل التكنولوجية والكائنات الحية هو نفسه . فقد كتب شميت في عام ١٩٤١ « بالاضافة إلى عمليات التحكم التكنولوجية نجد التحكم في النبات وفي الحيوان وعند الانسان . فالثبات التقريبي لدرجة حرارة جسم الانسان ، وضغط دمه ، ونبضه ، ووقوفه ، ومشيته المنتصبة ، وظواهر كثيرة غيرها ماهي إلا نتيجة لعمليات التحكم . الحكومة أيضاً يمكن اعتبارها — من حيث المبدأ — منظماً ومتحكماً بلعبة القوى الحرة . وبهذا الطرح نساهم بصورة فعالة في توحيد علومنا او بصورة أشمل توحيد وعينا الحضاري ».



(*) المرجع الالماني رقم ٣٣ .

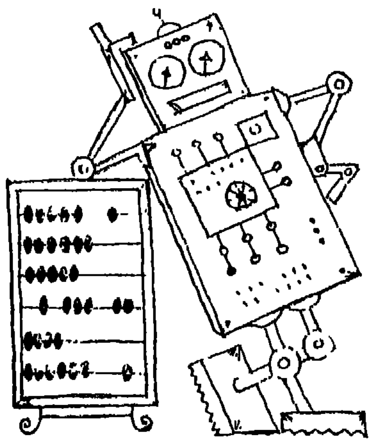
ومع ذلك تعتبر سنة ١٩٤٨ م بداية السيبرنتيك . فقد أثار كتاب فينر الذي صدر في تلك السنة ثورة فكرية عامة عند كل علماء ومفكري العالم . وعقدت في بداية الخمسينات المؤتمرات الدولية وأنشئت الجمعيات السيبرنتيكية في مختلف دول أوربا وامريكا ، وكتبت آلاف الكتب ونشرت مئات الألوف من المقالات والمحاضرات تارة لتفسيرها – أو نقض – ماجاء به فينر وطوراً لتأييده وتشجيع علماء العالم لبحث وتطوير واستخدام ماجاء به السيبرنتيك . ولقد اعتبرت لذلك بداية النصف الثاني من القرن العشرين بداية الثورة الصناعية الثانية .

ففي عام ١٩٥١ م عقد أول مؤتمر دولي للسيبرنتيك حضره كثير من تلامذة فينر وأنصاره ومعارضوه من مختلف الاختصاصات . وكان منهم المعارض ومنهم الموافق على منهجية هذا الفكر العلمي الحديث . وكان أغلب المعارضين من الفلاسفة وعلماء البيولوجيا حيث أبدوا تحفظهم حول هذا الفكر الجديد .

وفي عام ١٩٥٦ م أقيم مؤتمر دولي ثان للسيبرنتيك ، وكان موضوعه الأساسي هو مراجعة واسعة للسيبرنتيك بغية توضيح الفائدة التي يمكن أن تجنى منه . واشترك في هذا المؤتمر حوالي /٩٠٠/ عالم أتوا من عشرين دولة ، ساهم أكثرهم في المناقشات التي جرت ، وشهدوا – رغم اختلاف وجهات نظرهم – بأن نمطاً خاصاً في الفكر سيبرز إلى الوجود ألا وهو الفكر السيبرنتيكي . وقد أيد المؤتمر تأسيس جمعية دولية هدفها تنظيم وتنسيق الدراسات السيبرنتيكية .

وفي عام ١٩٦٣ م انشئت جمعية التربية السيبرنتيكية في فرنسا ، والجمعية الفرنسية للسيبرنتيك ، كما انشئت جمعيات مماثلة في أكثر دول العالم المتطورة .

ولقد دلت الدراسات النظرية التي تمت خلال المؤتمرات على اهتمام مفكري العالم أجمع بتوضيح هذا الكائن الجديد الذي أوجده فينر في وثبة من الخيال المبدع ودلت أيضاً على حيوية الأفكار التي تتعلق به .



لقد لعبت العلوم البيولوجية التي تدرس عمليات التحكم في الطبيعة الحية دورا كبيراً في تطوير السيبرنتيك ، ولكن العامل الحاسم في تقدم هــذا العلم الحديث كان بالطبع هو التطور السريع في الأجهزة الاوتوماتيكية الالكترونية وبشكل خاص ظهور الحاسبات الالكترونية السريعة . فقد أتاحت هذه الآلات امكانيات لامثيل لها في تحليل المعلومات ومحاكاة نظم التحكم .

لقد أصبحت كلمة « سيبرنتيك » الآن « موضة » منتشرة على صفحات المجلات الهندسية والعلمية ، وتؤلف عنه الكتب وتلقى المحاضرات وتخصص له الندوات والدورات والمؤتمرات العلمية الدولية التي يشترك فيها علماء الرياضيات والفيزياء والبيولوجيا والفيزيولوجيا وعلم النفس والاقتصاد والمهندسون من شتى الاختصاصات . والذي

يجمع كل هؤلاء هو الوصول إلى أقصى قدر من أتمتة عمليات التحكم في مختلف مناحي النشاط الانساني بغية تحسين شروط الحياة على وجه الأرض .

من المفيد هنا التعرف على الظروف والملابسات التي رافقت ميلاد السيبرنتيك في العصر الحديث . ولعل افضل مايمكننا القيام به في هذا المجال هو الاستماع إلى هذه القصة المشوقة بلسان فينر نفسه كما رواها في كتابه الرائد .

يقول فينر :

« يعتبر هذا الكتاب ثمرة ابحاث استغرقت مدة من الزمن تزيد على عشر سنوات قمت بها بالاشتراك مع الدكتور أرثورو روزنبلوث الذي كان يعمل في مدرسة هارفارد الطبية . وفي تلك الايام كان د . روزنبلوث يقود سلسلة شهرية من الندوات حول المنهج العلمي . كانت مناقشات تلك الندوات تفيض حيوية ، كما كانت متفتحة لايقيدها قيد . وفي كل مرة كان أحد المشاركين يلقي محاضرة عن موضوع من مواضيع الساعة العلمية .

« اشترك في هذه الندوات عدد كبير من العلماء من مختلف الاختصاصات وقد استمرت هذه الندوات حتى عام ١٩٤٤ حيث استدعي د . روزنبلوث إلى المكسيك .

« لقد تقاسمت لسنوات عده مع د . روزنبلوث الاقتناع بأن أخصب المجالات لتقدم العلوم هي التي اهملت باعتبارها أرضاً لا صاحب لها وتقع على حافة المجالات القائمة فعلاً فمنذ « لايبنيتز » لم

يحدث أن ملك احد ناصية كل النشاط العقلي في زمانه.فمنذ ذلك الحين أصبح العلم ـ في الأغلب ـ مهمة الاختصاصيين في مجالات يغلب عليها الميل إلى الانكماش المتزايد.ومنذ قرن مضى لعله لم يكن هنالك « لايبنيتز » واحد على الرغم من أنه كان هناك « غوص » « فاراداي » و « داروين » واليوم ثمة قلة فقط من العلماء يستطيعون أن يسموا انفسهم « رياضيين » أو « فيزيائيين » أو « بيولوجيين » بدون قيود . فقد يكون الرجل متخصصاً في الطوبولوجيا (فرع من الرياضيات) أو الصوتيات (فرع من الفيزياء)أوفي الخنافس (فرع من البيولوجيا) وسيكون هذا الرجل ملماً بكل مصطلحات ميدانه ، عارفاً بكل ماكتب فيه وبكل فروعه ، ولكنه غالباً مايعتبر الموضوع التالي شيئاً تابعاً لزميله الجالس خلف الباب الثالث في الممر ، وان الاهتمام به سيكون اعتداء بدون أذن على شيء خاص .

« إن هناك ميادين للعمل العلمي استكشفت من الجوانب المختلفة للرياضيات البحتة،وعلم الاحصاء،والهندسة الكهربائية، والفيزيولوجيا . وفي هـــذه الميـــادين أعطي لكل فكرة اسم منفصل من كل مجموعة ، كما أجري كل عمل هام ثلاث أو أربع مرات ، بينما تأجل القيام بعمل هام لعدم الالمام في أحد الميادين بالنتائج التي ربما تكون قد أصبحت كلاسيكية في الميدان التالي .

« إن هذه المناطق الواقعة على حدود العلم هي التي تعطي أغنى الفرص للباحث المؤهل ، وهي في الوقت نفسه أكثر ماتكون استجابة للطرق التي يقبلها الناس للمعالجة بالجملة وتقسيم العمل . . . وقد كان الدكتور روزنبلوث يصر دائماً على أن الاستكشاف الملائم لهذه الفراغات

في خريطة العلم لايمكن أن يتم إلا بواسطة فريق من العلماء ، يكون كل منهم متخصصاً في مجال ما ولكن ملماً إلماماً سليماً بمجالات جيرانه ومتمرساً فيها . فاذا كانت الصعوبة في مسألة فيزيولوجية رياضية الجوهر ، فسوف لايسير على طريق حلها عشرة فيزيولوجيين يجهلون الرياضيات إلى أبعد مما يصل إليه فيزيولوجي واحد يجهل الرياضيات . أما إذا تعاون فيزيولوجي لايعرف الرياضيات مع رياضي لايعرف الفيزيولوجيا فان اياً منهما لن يستطيع أن يوضح مشكلته ضمن حدود يستطيع الآخر ان يتناولها ، ولن يستطيع الثاني أن يضع حلولاً لأي مشكلة بحيث يقدر الأول على فهمها . وليس ثمة ضرورة لان يتوفر للرياضي المهارة الكافية للقيام بتجربة فيزيولوجية انما يجب أن تتوفر له القدرة على فهمها ونقدها واقتراحها . ولايحتاج الفيزيولوجي لان يكون قادراً على البرهنة على نظرية رياضية معينة ، بل ينبغي أن يكون قادراً على الاحاطة بمغزاها الفيزيولوجي ، وان يخبر الرياضي عما ينبغي ان يبحث عنه . . . وقد بقينا لسنوات نحلم بمعهد يضم علماء مستقلين يعملون معاً في هذه الغابات الخلفية للعلم ، لاكتابعين لضابط تنفيذي كبير ، بل مرتبطين بالرغبة في فهم المنطقة ككل وفي اعارة كل منهم قوة ذلك الفهم للآخرين .

لقد كنا على اتفاق بشأن هذه الآراء قبل أن نختار ميدان بحوثنا المشتركة ودور كل منا فيها » .

كان فينر صديقاً للدكتور « فنيفر بوش » وهو من أوائل المخترعين في مجال الحاسبات الالكترونية . ومن هذه الصداقة تولدت لدى فينر الرغبة في القيام بعمل ما في مجال الحاسب الالكتروني وقد قام فعلاً بشيء غير قليل في هذا المجال في صيف عام ١٩٤٠ .

على أنه في بداية الحرب العالمية الثانية أدى التفوق الجوي الألماني والمركز الدفاعي لبريطانيا إلى جذب اهتمام العلماء إلى محاولة تحسين المدفعية المضادة للطائرات وقد جعل ذلك فينر يشترك في البحوث اللازمة لتصميم جهاز اوتوماتيكي للدفاع الجوي يأخذ في الحسبان حركات المراوغة للطائرة المغيرة . وقد قام فينر فعلاً بتصميم جهاز ميكانيكي — كهربائي « يتنبأ » بالحركة القادمة للطائرة بالاستخدام المستمر لمبدأ التغذية العكسية (Feedback) بالمعلومات عن وضع الطائرة .

وهكذا وجد فينر نفسه يشتغل مرتين بدراسة نظام ميكانيكي — كهربائي صمم لكي « يغتصب » وظيفة خاصة بالانسان . ففي المرة الأولى درس الحاسبات الالكترونية التي تقوم بشكل معقد من العمليات الحسابية وفي المرة الثانية صمم جهازاً يقوم بالتنبؤ .

ولم يكن فينر يعمل وحده وانما كان نواة لمجموعة من كبار الاختصاصيين في مختلف ميادين العلم والطب والتكنولوجيا . وقد تعاونت هذه المجموعة لتنفيذ البرنامج الذي وضعه فينر مع روزنبلوث للبحث في الأرض المحايدة بين ميداني الفيزيولوجيا والهندسة والذي كان يدور حول الاتصال والتحكم (حيث الاتصال معناه تلقي المعلومات وهضمها والتحكم معناه استعمال المعلومات لتوجيه العمل في نظام معين) وهما موضوعان اتضح للجماعة وجود صلة قوية بينهما .

وفي هذا الصدد يقول فينر :

« وعلى مستوى هندسة الاتصال أصبح واضحاً لمستر بيجياو ولي أن مسائل هندسة الاتصال وهندسة التحكم غير منفصلة عن بعضها

بعضاً وانها لاتتركز حول تكنيك الهندسة الكهربائية وانما حول الفكرة الأساسية بدرجة أكبر وهي فكرة « الرسالة » Message سواء نقلت بوسائل كهربائية أو ميكانيكية أو عصبية » .

ولاتمام موضوع يتصل بنقل الرسالة قام فينر وبيجيلو بتطوير نظرية عن مقدار المعلومات (كمية المعلومات) وهي فكرة طرأت للكثيرين قبل ذلك .

وهكذا وجد فينر وروزنبلوث والمجموعة التي تجمعت حولهما من العلماء والمهندسين ان هناك « وحدة جوهرية لمجموعة المسائل التي تتركز حول الاتصال والتحكم » سواء كانت في الآلة أو في الحيوان .

• • •

الفصل الرابع

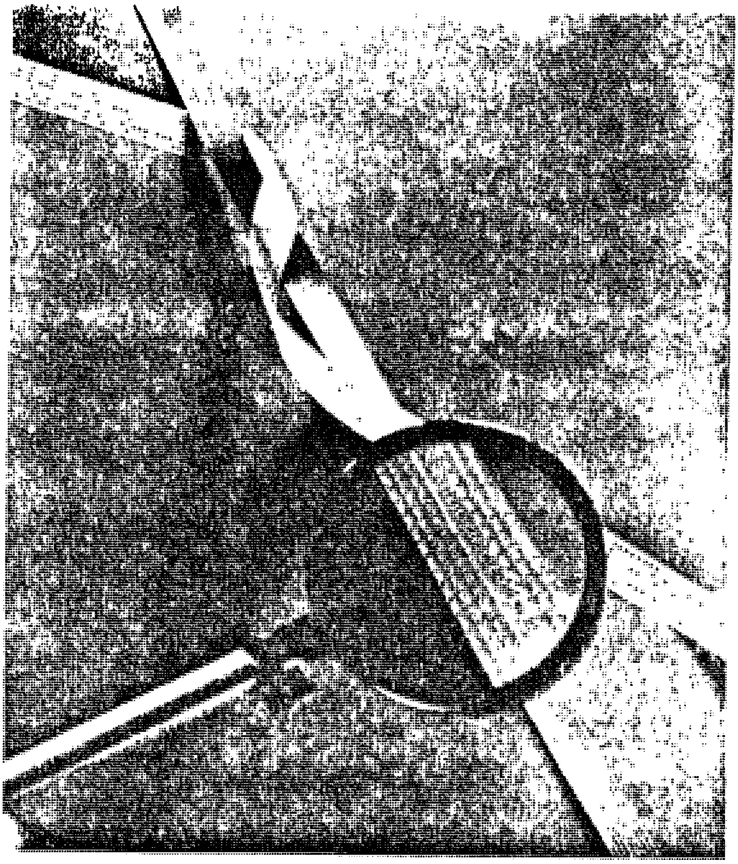
المفاهيم الأساسية للسبرنتيك

المعلومات ، التشفير ، القرار والانتقاء

نظرية المعلومات

من المؤكد أننا عندما نستيقظ في الصباح فاننا ندخل على الفور عالم المعلومات . فنحن عندما نرى نتلقى معلومات ، وعندما نسمع نتلقى معلومات ، وعندما نتحادث مع الآخرين نتلقى معلومات . كما أن الصحف والمجلات والكتب والراديو والتلفزيون والمسرح والسينما تمدنا بدفق لاينقطع من المعلومات . ويمكننا باختصار أن نقول إن المعلومات هي مجموعة من الأخبار عن العالم المحيط بنا .

ومصطلح « المعلومات » تم اشتقاقه من « انفور ماري » اللاتينية التي تعني « يشكل ، يقولب». إلا أن القرنين الماضيين شهدا تلاشي هذا المفهوم للكلمة شيئاً فشيئاً ليحل محله « التثقيف والاعلام » ومهما اختلفت مفاهيم كلمة « معلومات » فان اهم شيء فيها يظل — مع ذلك — انها تحمل الأخبار وتخبر وتقص وتعرف .



شريط مغناطيسي يحمل معلومات مشفرة في الجملة الثنائية .

وتعتبر « المعلومات » محور السيبرنتيك ، أما نظرية المعلومات فهي نظرية رياضية تعالج القوانين الاحصائية لقياس المعلومات ومعالجتها ونقلها ، لذا لايمكن استعراضها إلا باستخدام المعادلات الرياضية ، وهذا يخرج عن إطار الكتاب الحالي ، ويكفينا هنا الاشارة إلى بعض خواص النظرية الهامة .

١ — نظرية المعلومات هي ذلك الفرع من السيبرنتياك الذي يدرس خصائص المعلومات بغض النظر عن جمل ارسال هذه المعلومات أو نقلها أو استقبالها .

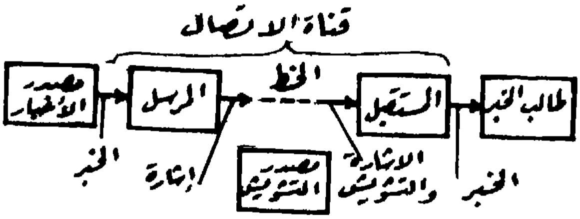
٢ — تسعى نظرية المعلومات إلى إبتكار مفاهيم اعلامية نظرية ، وإلى الكشف عن قوانين الارتباط في سائر مجالات العلوم التقليدية مثل تكنولوجيا الاتصالات ، علم الأحياء ، علم النفس ، علم الاجتماع ، العلوم الاقتصادية . . . الخ .

وتجدر الأشارة إلى أن هذه النظرية سمحت بالتوصل إلى مقياس دقيق لـ « كمية المعلومات » المتداولة اذ حددت واحدة القياس بـ « عنصر ثنائي BIT »

٣ — تقوم نظرية المعلومات بحساب استطاعة قناة الاتصال وتميز بين الاشارات المنقولة المفيدة من جهة ، وبين الاشارات الاضافية المسماة « بالضجيج » (البارازيت) .

في عام ١٩٢٨ اهتم هارتلي بالطرق التكنولوجية لنقل المعلومات واعتماداً عليها قام كلود شانون ونوربرت فينر بتطوير نظرية « نقل المعلومات » . وبقصد التسهيل تم اختصار تعبير «نظرية نقل المعلومات» إلى « نظرية المعلومات » ، علماً أن أحد أقسام السيبرنتيك هو مايسمى بنظرية الاعلام التي يمكن تعريفها بالمعنى الهندسي كنظرية لتوصيل الاخبار بواسطة قنوات الاتصال .

يبين الشكل أدناه دارة نقل الاخبار عن طريق قناة الاتصال . أن الخبر المنبثق من المصدر والمطلوب نقله (محاضرة ، موسيقى ، برقية ،



دارة نقل المعلومات في اجهزة الاتصالات

صور أو غيرها) يجب في بداية الأمر تحويله إلى إشارة كهربائية مما يسهل نقلها في الخط ، ويجري هذا التحويل في المرسل الذي يضم الميكرفون التلغرافي (البرقي) وقناة النقل التلفزيونية وغيرها من العناصر التي تحول الأخبار إلى إشارات كهربائية .. ترد الاشارة من المرسل إلى الخط (ناقل ، سلك ، خط لاسلكي) وتنتشر خلاله إلى المستقبل الذي يجري فيه تحويل الاشارة عكسياً إلى خبر يسلم لطالبه . هنا يكوّن المرسل والخط والمستقبل قناة الاتصال . وبالطبع فان الاشارة عند انتقالها خلال قناة الاتصال تخضع إلى الامتصاص والتحريف ، وعدا ذلك فان مصادر التشويش تخلط الاشارة بالتشويش (او مايسمى بالعامية بالبارازيت) مما يصعب أخيراً الاستخلاص الصحيح للخبر في طرف الاستقبال . وعليه فان أهم المعضلات التي تقف في طريق نظرية الاعلام هي اولاً مسألة تحقيق أجود استعمال لقدرة القناة،أي كيف نستطيع نقل أكبر كمية من الأخبار بواسطة القناة ، وثانياً مسألة ضمان التوصيل،أي مقدرة أنظمة الاتصال على نقل الخبر لطالبه بأقل مايمكن من التحريف .

ولكن كيف يمكن قياس المعلومات كمياً ؟ كيف يمكن عدها ؟

يتم اجراء هذا العد أو الحساب بطريقة عادية تماماً ، اذ « نتجرد » من معنى الخبر ، مثلما نتجرد من التحديد عند اجراء العمليات البسيطة

(فعندما نجمع مثلاً تفاحتين وثلاث تفاحات ، فاننا ننتقل إلى جمع الأرقام عموماً : ٢ + ٣) .

ولايخشى العلماء أن يعترفوا بأنهم « يتجاهلون تماماً المغزى الانساني للمعلومات » فالجملة المكونة من /١٠٠/ حرف مثلاً يعطونها معنى معيناً للمعلومات بغض النظر عما إذا كان لهذه المعلومات معنى أم لا ، وعما إذا كان لتطبيقها العملي أيضاً معنى أم لا ، وهذا المدخل الكمي الاحصائي هو أكثر فروع نظرية المعلومات تطوراً .

ويقول العلماء : « طبقاً لتحديدنا فان مجموعة من /١٠٠/ حرف — أي جملة من /١٠٠/ حرف سواء كانت من جريدة أو من مسرحية لشكسبير أو من نظرية اينشتاين — بها عدد متساو تماماً من المعلومات » . (لنتذكر الحساب : فهناك أيضاً ١٠٠+٢٠=١٢٠ بغض النظر عما إذا كان ذلك تفاحاً أم منازل أم اناساً أم كلمات أم سفناً ، أم نجوماً ... الخ).

ويؤكد العلماء بثقة قائلين : « ان تحديدنا لكمية المعلومات يعتبر مفيداً وعملياً إلى أقصى درجة . فهو يناسب تماماً مهنة مهندس الاتصال الذي ينبغي عليه أن ينقل كل المعلومات الموجودة في البرقية المعنية ، بغض النظر عن مدى قيمة هذه المعلومات للشخص المرسلة إليه .

إن قناة الاتصال لاروح لها ، فهي لاتكترث بما ننقله من أنباء فرحة أم كارثة ، نبأ بميلاد أم بوفاة . فالذي يهم نظام النقل شيء واحد : نقل الكمية المطلوبة من المعلومات .

قبل أواسط القرن الحالي ، لم يعرف الانسان في علوم الطبيعة سوى ظاهرتين جوهريتين :

١ ـ « المادة » وهي بشكل عام تمثل الاجسام ذات الكتلة والتي تحتل حيزاً من الفراغ ـ حسب مفاهيم الفيزياء التقليدية ـ .

٢ ـ « الطاقة » وهي مقدرة الجسم على أداء عمل . وهذه المقدرة يكتسبها الجسم بسبب وضعه الفراغي أو نتيجة حركته .

بعدها أضيفت « المعلومات » كظاهرة ثالثة وهي تحتاج الى احدى الظاهرتين السابقتين كحامل لها :

معلومات يراد نقلها	معلومات مخزونة
الطاقة كحامل	المادة كحامل

وهكذا نرى أن نقل المعلومات يحتاج إلى الطاقة كحامل ، بينما تخزينها يحتاج إلى المادة . ومع أن كلا من المادة (الورق، السلك الناقل..الخ). والطاقة (امواج الصوت أو الضوء . . . الخ) لاتمثل معلومات بحد ذاتها ، إلا أن المعلومات ترتبط بالضرورة بالمادة أو بالطاقة .

من ناحية أخرى ، لايستبعد أن تقوم « المعلومات » أثناء طريقها من المرسل إلى المستقبل بتبديل حاملها مرات عديدة بما في ذلك استبدال الحامل المادي بحامل طاقي (أي على شكل طاقة) .

وعلى سبيل المثال فان نصاً مكتوباً على الورق (أي على حامل مادي) قد يقرؤه الانسان فينطق به (يحوله إلى حامل من الموجات الصوتية

الطاقية)أمام ميكروفون فتتحول الموجات الصوتية إلى اهتزازات كهربائية. وهذه الأخيرة تتحول مرة أخرى إلى موجات صوتية في جهاز الاستقبال. وقد تترجم هذه المعلومات إلى لغة أخرى ثم تبث بشكل موجات صوتية أو كهربائية . كذلك يمكن تسجيل هذه المعلومات على شريط مغناطيسي .

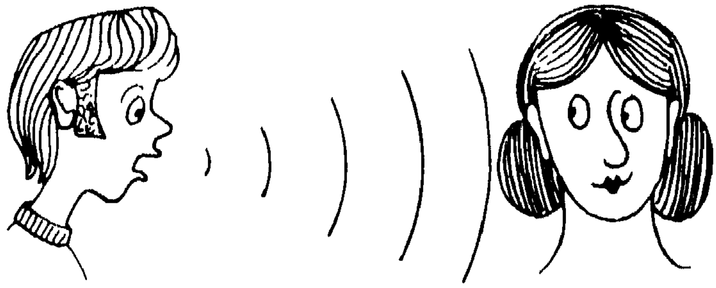
وعليه فان المعلومات التي تنقل لاتتوقف على كمية الطاقة التي ترافقها . وبالتالي فان الأمر بالنسبة للمستقبل سيان فيما إذا قام المتكلم برواية طرفة بصوت مرتفع أو بصوت هامس .

كذلك ، عندما يتم تخزين المعلومات فان الأمر لايتحدد بنوعية المادة التي تخزن المعلومات . فالامر هنا سيان أيضاً- بالنسبة لمضمون المعلومات- فيما إذا كانت إحدى الحكايات مدونة على جلد الغزال أو منحوتة في الحجر .

يمكننا أن نلخص ماسبق بقول نوربرت فينر « المعلومات هي معلومات ، ليست مادة وليست طاقة » .

عندما يرغب المرسل في إيصال خبر ما إلى المستقبل بشكل مفهوم فان عليه استعمال رموز لها المعنى ذاته عند كليهما . يطلق على الحامل الطاقي لهذه الرموز اسم « اشارة Signal » وقد تكون الاشارة أي مقدار فيزيائي أو كيميائي مثل شدة الحقل الكهربائي أو شدة الحقل المغناطيسي أو فرق الكمون الكهربائي . عندها تكون الاشارة عبارة عن موجة كهربائية أو اهتزاز كهربائي .

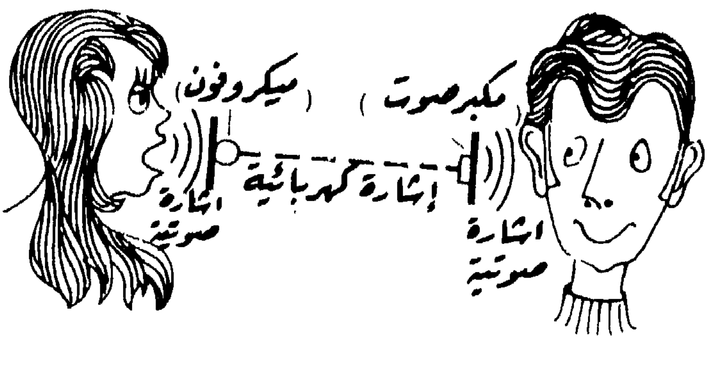
يعتبر « الصوت » من أكثر انواع الاشارات تداولاً بين انسان مرسل وآخر مستقبل .



الاشارات الصوتية

وكما هو معروف فان الصوت عبارة عن تذبذبات الضغط والكثافة في الهواء المحيط . وهذه التذبذبات تنتشر على شكل كرات ــ كما هو مبين في الشكل أعلاه ــ ولهذا السبب تنخفض الطاقة الصوتية الواصلة إلى المستقبل بسرعة كبيرة كلما زادت المسافة بينهما .

إلا أن تحويل الاشارات الصوتية إلى إشارات كهربائية يسمح بنقل المعلومات إلى مسافات بعيدة (كما هو الحال في حالة الهاتف مثلاً) .



تحولات الاشارات وانتقالها: في الميكروفون تتحول الاشارة الصوتية إلى اشارة كهربائية ثم ترسل عبر خط الهاتف إلى المستقبل حيث تتحول ثانية في مكبر الصوت إلى اشارة صوتية .

معالجة المعلومات:

يعتبر الانسان كائناً معالجاً للمعلومات . فهو يستقبل المعلومات بواسطة حواسه ويعالجها في مخه ثم يصدر المعلومات عن طريق حركة عضلاته . ومعالجة المعلومات في ذهن الانسان تشمل :

أ ــ العد :

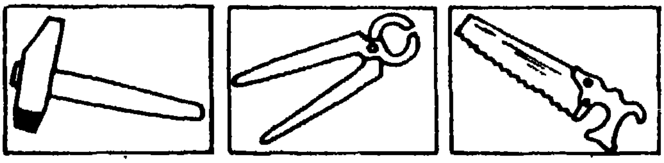
ب ــ التخزين : ان جدول الضرب ــ مثلاً ــ الذي تعلمه واحدنا وحفظه في يوم من الأيام يمثل معطيات ــ أو معلومات ــ مختزنة في احدى زوايا الذهن . ويمكننا في أي وقت نشاء استدعاء هذه المعلومات المختزنة والاستفادة منها عند اللزوم .

ج ــ الحساب : لاجراء أية عملية حسابية يضطر الانسان إلى استعمال قواعد الحساب التي يعرفها وكذلك يستفيد من معلومات مختزنة في ذهنه وقد يلجأ إلى استعمال الورقة والقلم كأدوات للحساب .

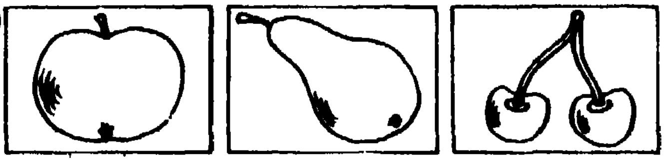
د ــ المقارنة : فقد يطلب ايجاد العدد الاكبر من بين مجموعة اعداد أو مقارنة الكلمات والجمل والألوان والأشخاص فيما بينها . وقد نقارن بين مذاق سائر أنواع الفاكهة أو رائحة مختلف أنواع الزهور أو أوزان الاجسام المختلفة . . الخ . وكل هذه العمليات تنضوي تحت اسم « معالجة المعلومات » .

هـ ــ التصنيف : في الشكل أدناه نرى ستة رسوم لاشياء مختلفة ، والمطلوب تسمية كل رسم ثم تصنيف الرسوم الثلاثة الأولى مع بعضها والثانية مع بعضها .

a)



b)

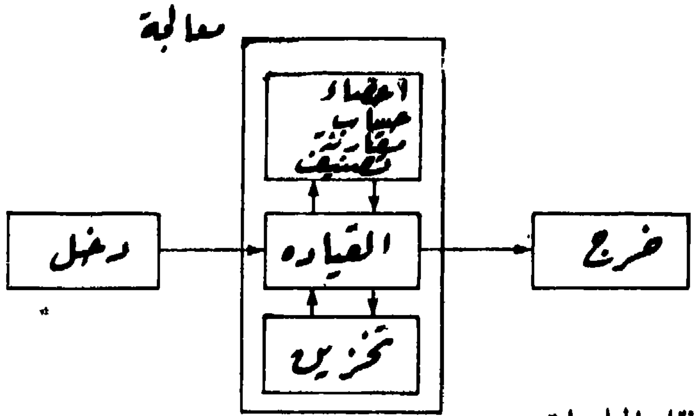


من الواضح أن الصور الثلاثة العلوية تدخل ضمن « عدد التشغيل » والصور الثلاثة السفلية تصنف كفواكه .

ويستطيع الانسان أن يربط بين الاعداد والكلمات وان ينسب الأسماء إلى الأشخاص أو . . . أو . . . الخ وهذه كلها أحد أنواع معالجة المعلومات .

و — القيادة : تشترك جميع المناشط الفكرية المذكورة آنفاً بأنها تتضمن ادخالاً (دخل) للمعلومات . وهذه تتم معالجتها في الذهن وتظهر نتيجة المعالجة على شكل معلومات خارجة (خرج) . ولكن كيف تتحدد نوعية المعالجة التي ستجري في الدماغ ؟ والجواب ان هذه تتحدد حسب الطلب في كل مسألة . ويمكننا أن نتصور الأمر كما هو مبين في الشكل المبين على الصفحة التالية .

ويلاحظ أن عملية « القيادة » تحتل قلب المعالجة وهي تنظم متى وكيف يجب أن يتم الدخل والمعالجة والخرج .



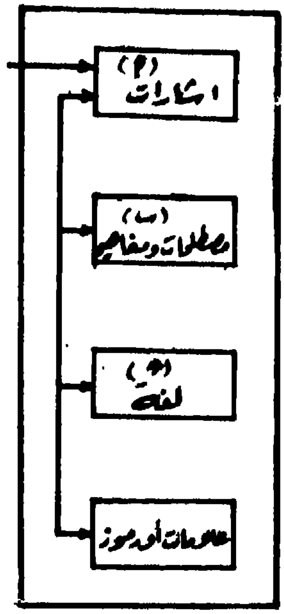
نقل المعلومات :

يستقبل الانسان الاشارات التي تصله عن طريق الحواس (أ) (انظر الشكل على الصفحة ١٠٦) فيحولها إلى «مفاهيم» (ب) عن الحوادث الجارية في الوسط المحيط . وعلى سبيل المثال ، بمقدور زهرة حقيقية ـ عن طريق الاشارات الضوئية تقديم مفهوم الوردة للمخ . وتتم ترجمة هذه المفاهيم إلى « لغة » (ج) ، كأن ننطق باسم الوردة أو نصورها .

كذلك ، يمكن تحويل العناصر اللغوية إلى « علامات » على شكل حروف أو أعداد أو ألفاظ (د) . ويتم تخزين هذه المفاهيم كلها في المخ عن طريق الاشارات الفيزيائية ـ الكيميائية الحقيقية (أ)

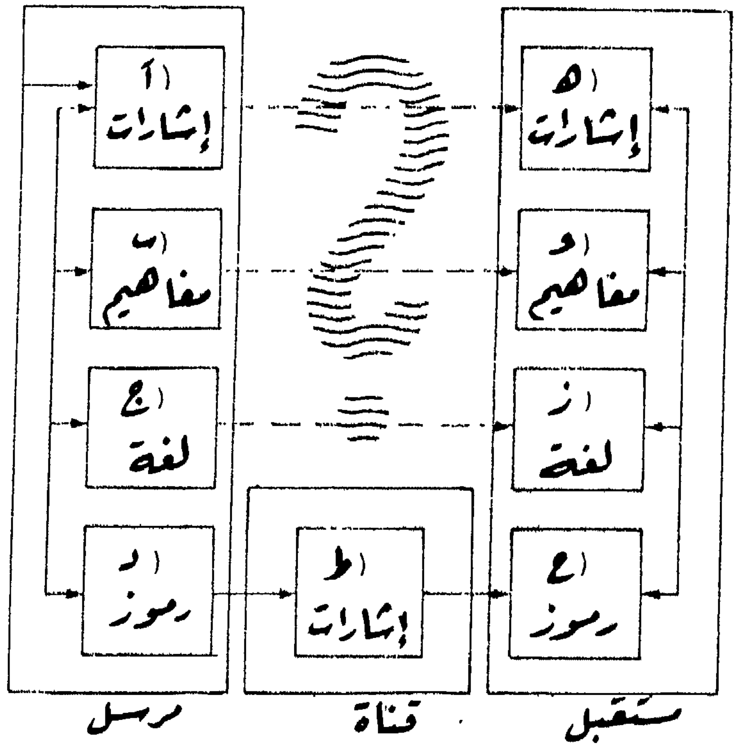
تجدر الاشارة إلى أن هذه العمليات الاعلامية هي أيضاً عمليات لغوية بالدرجة الأولى ، لان عملية الاعلام تتم في مناخ اللغة وباستعمال علاماتها الأساسية وألفاظها وحروفها .

عندما تتجه النية إلى نقل المعلومات من « مرسل » إلى « مستقبل » عبر قناة اتصال ، فان مسألة جديدة تظهر أمامنا ، هي مسألة «التشفير Coding»



وهنا تبرز ضرورة تحويل العلامات المميزة التي يستعملها الفريق الأول إلى علامات مميزة يفهمها الفريق الثاني .

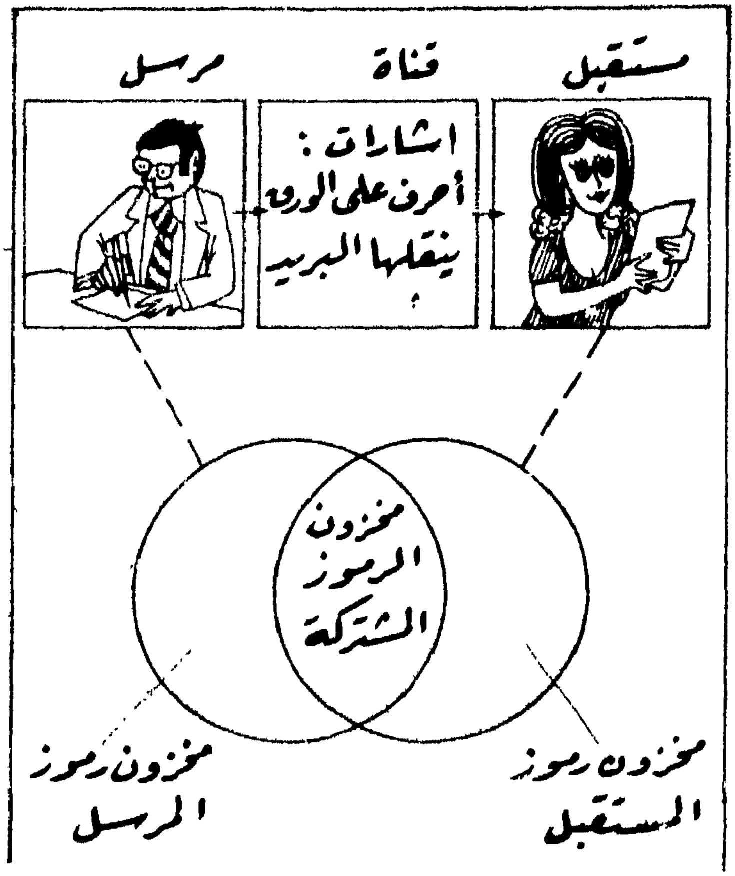
تعجز العلوم بسويتها الحالية عن تفسير بعض الظواهر النفسية مثل « توارد الأفكار والخواطر » ، أو « التخاطب عن بعد Telepathy » إذ ليس من المعروف هل يمكن لاشارات المرسل والعناصر اللغوية المركبة منها (انظر الشكل ص١٠٧) ان تتحول « مباشرة » إلى إشارات يفهمها المستقبل . وحسب سوية معارفنا الحالية ، لايتم نقل المعلومات إلا عن طريق وسيط أما أن يكون « لغة » (جـ،ز) أو رموزاً منطوقة أو مكتوبة (د،ح) . في هذه الحالة فقط يستطيع المستقبل تلقي هذه الاشارات (ط) بواسطة قناة ، ثم يستعين بمخزنه من الرموز (الذاكرة ح) لحل شفرتها ، وبعدها يترجمها إلى لغته (ز) ويحولها إلى مفاهيم .



يقوم مخ المستقبل بتحويل جميع المفاهيم ، والعناصر اللغوية ، والرموز إلى إشارات فيزيائية — كيميائية حقيقية (هـ) ويخزنها .

وعليه فان عملية نقل المعلومات لاتنجح إلا عندما يكون لدى كل من « المرسل » و « المستقبل » مخزون « مشترك » كاف من الرموز .

وعلى سبيل المثال نورد الشكل أدناه . يقوم المرسل بكتابة رسالة ويضع عليها المعلومات التي يريد ارسالها على شكل حروف — أو كلمات— على الورق . يتلقى المستلم الرسالة عن طريق البريد ويتفهم محتواها . من الواضح أن عملية نقل المعلومات هذه كانت ناجحة لأن المرسل والمستقبل استعملا لغة واحدة مشتركة .



إلا أن الأمر سيختلف حتماً فيما لو حاول احدنا فهم المعلومات التي يرسلها قارع الطبول الافريقي . ففي هذه الحالة نحن نجهل تماماً جملة مفاهيمه، كما أننا بعيدون كل البعد عن الشيفرة التي يستخدمها ،مع انه يقوم بعملية نقل للمعلومات عبر قناة اتصال مقبولة تماماً من زميله المستلم.

التشفير :

الشيفرة بالتعريف هي مجموعة من الرموز والاصطلاحات المستعملة للدلالة على الاحرف الابجدية أو على رموز أخرى ، وقد نتج التشفير عن

الرغبة في ارسال ونقل المعاومات السرية . وقد ازدادت أهمية هذا العامل في الوقت الحاضر نظراً لتزايد حدة الصراعات السياسية والاقتصادية .

وعلى سبيل المثال نورد الشيفرة التي قد يستخدمها سجينان في زنزانتين متجاورتين عن طريق الدق على الجدار الفاصل بينهما ودون أن يشعر السجان بذلك .

يرمز للحرف (أ) بدقة واحدة وللحرف (ب) بدقتين وللحرف (ت) /٣/ دقات وللحرف (ث) ٤ دقات . . . وللحرف (ي) ٢٨ دقة .

وكما هو واضح فان هذه الشيفرة تتكون من علامات صوتية ، ويمكن تمثيلها بعلامات « ضوئية » أيضاً ، وهذا يتم ببساطة باستخدام ومضات ضوئية بدلاً من الدقات .

أ = ومضة واحدة ، ب ــ ومضتان ، ت = ٣ ومضات

ث= ٤ ومضات . . . ي = ٢٨ ومضة .

ماذا يفهم السامع عندما يسمع /٤/ دقات ؟ أهي ث ؟ أم أنها /أ/ مع /ت/ ؟ أم أنها /ب/ مكررة ؟ من البديهي أن هذه الشيفرة لاتصبح « وحيدة الدلالة » إلا بوجود اتفاق اضافي يتطلب وجود توقف بين كل حرفين متتاليين وهكذا تتكون شيفرة الطرق من عنصرين :

من علامات الطرق ، ومن التوقف بينها .

وعليه نقول : المعاومات هي أحد أشكال اللغة ، واللغة يمكن تقسيمها إلى حروف ، والحروف يمكن التعبير عنها بعدد من أصوات الطرقات ، لذا فان صوت الطرقه الوحيدة هو أصغر عنصر المعلومات ، اذ أن

بمقدور المرء أن يعبر عن الجمل ، بل المطولات ، بالاعتماد على أصوات الطرق هذه وحدها .

في حوالي عام ١٨٠٠ م قام كلود كاب باختراع جهاز تلغراف بصري قدم لجيش نابليون خدمات هامة ، لانه سمح بنقل المعلومات بصورة أسرع بمرات عديدة من سرعة الوسائل التقليدية التي كانت متبعة وقتها والتي كانت تعتمد على الفرسان . وبهذا الجهاز لم تستغرق رحلة العلامة المرسلة بين باريس وستراسبورغ عبر مسافة طولها /٤٢٣/ كيلومتراً — أكثر من /٦/ دقائق .

من النجوم اللامعة في تاريخ البرق (التلغراف) اسم يتردد كثيراً هو « صامويل مورس » . ففي الرابع من ايلول (سبتمبر) ١٨٣٧



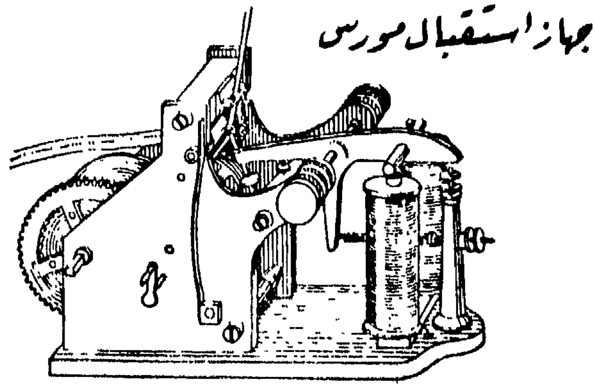
جهاز البرق في احد مكاتب البريد الهندية

تمكن أمام حشد غفير من الناس من ابراق بضع كلمات عبر سلك نحاسي بلغ طوله / ١٧٠٠ / قدماً . وفي طرف الارسال قام مورس بارسال نبضات كهربائية وتوقفات قصيرة -- أو طويلة -- وفي جهة الاستقبال وضع مغانط كهربائية تحرك ذراعاً كاتباً على شريط ورقي متحرك .

بعد حوالي /٣/ سنوات فقط قام (مورس) باستخدام الابجدية المكونة من النقاط والخطوط التي نعرفها اليوم باسم « أبجدية مورس » وكما هو معروف لاتتطلب كتابة النقاط والخطوط استخدام أجهزة معقدة ، وكانت من البساطة إلى حد تم الاكتفاء معه بلمسات اليد . وهكذا ولدت تقنية بسيطة جداً للبرق ، تعتمد عليها الجيوش والسفن في بعض مناطق العالم حتى يومنا هذا .

تتكون شفرة مورس من علامتين مختلفتين تمثلا نعناصرها الأساسية : النقطة والخط (الشخطة) ولكي تكون العبارات وحيدة الدلالة لابد من إضافة عنصر أساسي ثالث هو « التوقف » بين علامات الكتابة (انظر الشكل التالي) .

يبين الجدول التالي شيفرة هامة جداً وتتمتع بأهمية كبيرة في أيامنا هذه في كل من الحاسبات الالكترونية والاتصالات الكهربائية ، وهي تعرف بـ « الشيفرة الثنائية » التي تعبر عن جميع الحروف والأرقام بالعددين (0) و (1) والرمز (0) يدل على عدم وجود التيار الكهربائي والحرف (1) يدل على وجود التيار الكهربائي . وفي حال استعمال المغانط فان(0) تعني غير ممغنط ، و (1) تعني ممغنط وفي أحيان أخرى قد تستعمل للدلالة على لاثقب وثقب ، أو سالب وموجب .



a	·—	n	—·	ch	— ·· ·· —
ae	·—·—	ñ	— —·— —	1	·— — — —
à, â	·— —·—	o	— — —	2	··— — —
b	—···	oe	— — —·	3	···— —
e	· · · ·	p	·— —·	4	····—
d	—··	q	— —·—	5	·····
e	·	r	·—·	6	—····
é	··—··	s	···	7	— —···
f	··—·	t	—	8	— — —··
g	— —·	u		9	— — — —·
h	····	ue	··—	0	— — — — —
i	··	v	···—	.	······
j	·— — —	w	·— —	;	—·—·—·
k	—·—	x	—··—	,	·—·—·—
l	·—··	y	—·— —	:	— — —···
m	— —	z	— —··	?	··— —··

أبجدية مورس

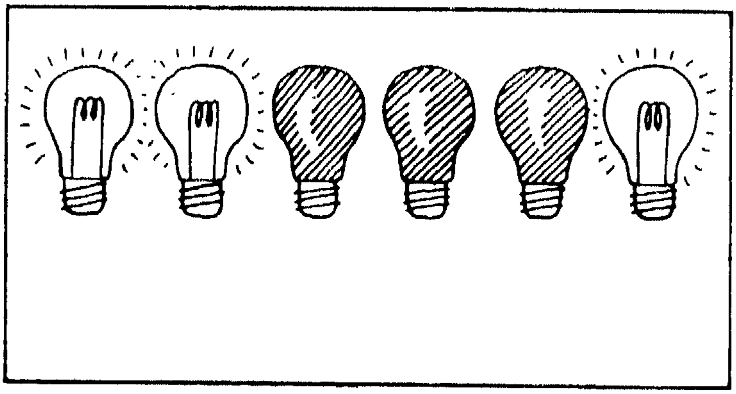
مخطط محطة استقبال الة مورس

النظام الثنائي

0	000000	I	111001
1	000001	J	100001
2	000010	K	100010
3	000011	L	100011
4	000100	M	100100
5	000101	N	100101
6	000110	O	100110
7	000111	P	100111
8	001000	Q	101000
9	001001	R	101001
A	110001	S	010010
B	110010	T	010011
C	110011	U	010100
D	110100	V	010101
E	110101	W	010110
F	110110	X	010111
G	110111	Y	011000
H	111000	Z	011001

الشيفرة الثنائية

وهذا يعني ان بمقدورنا التعبير عن العلامات بالاعتماد على تجهيزات بسيطة مثل المصابيح الصغيرة ، والمغانط ، والاشرطة الورقية . فللتعبير عن « الصفر 0 » تفصل هذه التجهيزات عن منبع التيار الكهربائي أولا

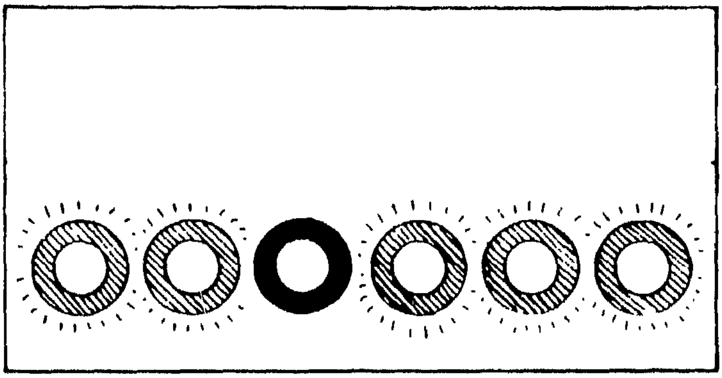


المصابيح الستة المبينة اعلاه في وضعية (من اليسار إلى اليمين) :
موصول – مفصول – مفصول –مفصول – موصول – موصول .

تمغنط أو لاتثقب : وللتعبير عن « الواحد » فانها توصل بالتيار الكهربائي أو تمغنط أو تثقب .

واستناداً إلى خواص الشيفرة الثنائية فان الشكل السابق يمثل الارقام (110001) وهي تقابل الحرف (A) .

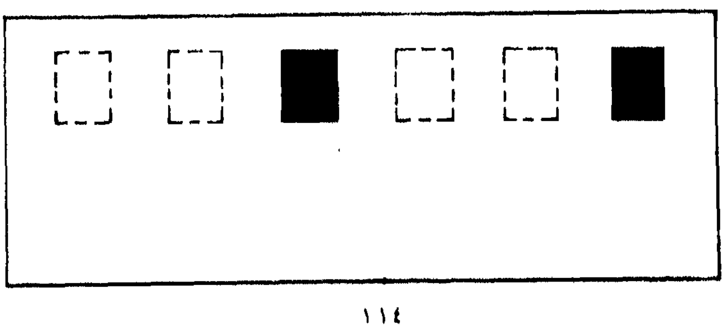
يبين الشكل التالي /٦/ مغانط منفصلة :



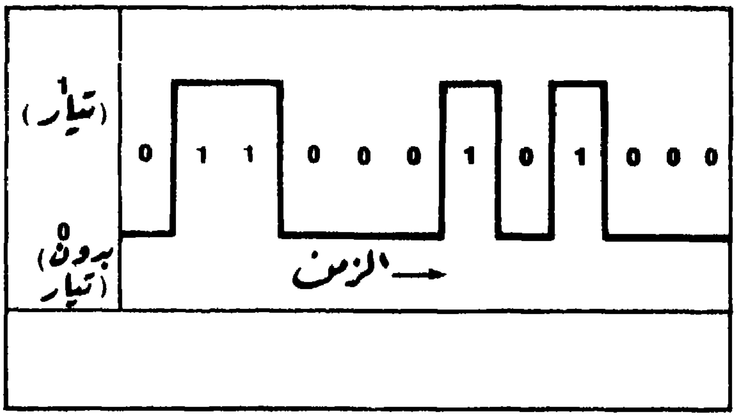
هذه المغانط الستة في وضعية (من اليسار إلى اليمين) :

ممغنط ـ ممغنط ـ غير ممغنط ـ ممغنط ـ ممغنط ـ ممغنط أو (110111) وهي تمثل الحرف (G) .

أما الشكل التالي فيمثل /٦/ مواقع للثقوب على شريط ورقي ثقب منها اثنان وهي تمثل الرمز (001001) أي الرقم (٩) حسب الشيفرة الثنائية المستعملة في الحاسب الآلي .



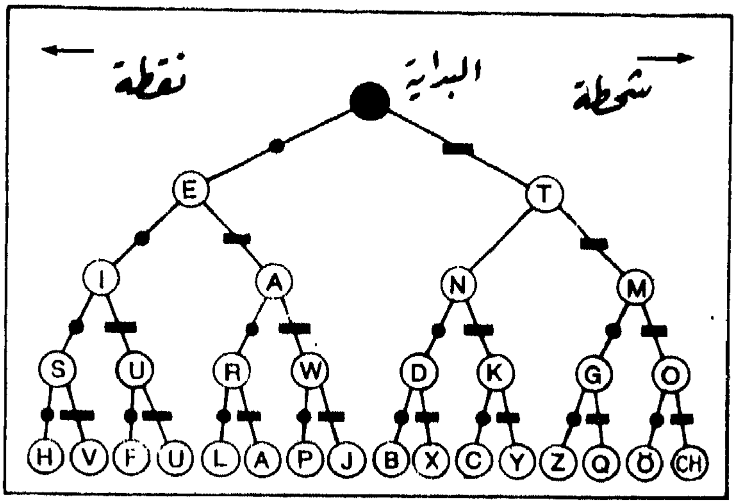
والشكل أدناه يمثل سلسلة نبضات كهربائية (والنبضة تأخذ قيمتين فقط : أما صفر أو واحد وهي تشغل زمناً متساوياً على المحور الافقي بغض النظر عن قيمتها) . سلسلة النبضات هذه تمثل (011000101000) أي الحرفين (YQ) .



كل موقع لمثل هذه العلامات سواء كانت مصباحاً ، مغناطيسياً ، موقع ثقب ، أو نبضة يطلق عليه اسم « رقم ثنائي » . وهذا يسمى بالانكليزية (binary digit) واختصاره بيت (bit) . بذلك يكون البيت (bit) أصغر عنصر أولي للمعلومات (طالما كانت المعلومات ممثلة بالشيفرة الثنائية) .

والجدير بالذكر أن الشيفرة الثنائية ليست الأفضل في مجال تخزين المعلومات ونقلها فحسب ، بل كذلك من الأسهل والارخص تصنيع حاسبات الكترونية تستخدم الاعداد الثنائية من تلك التي تعتمد على نظام الارقام العشرية .

القرار والانتقاء :



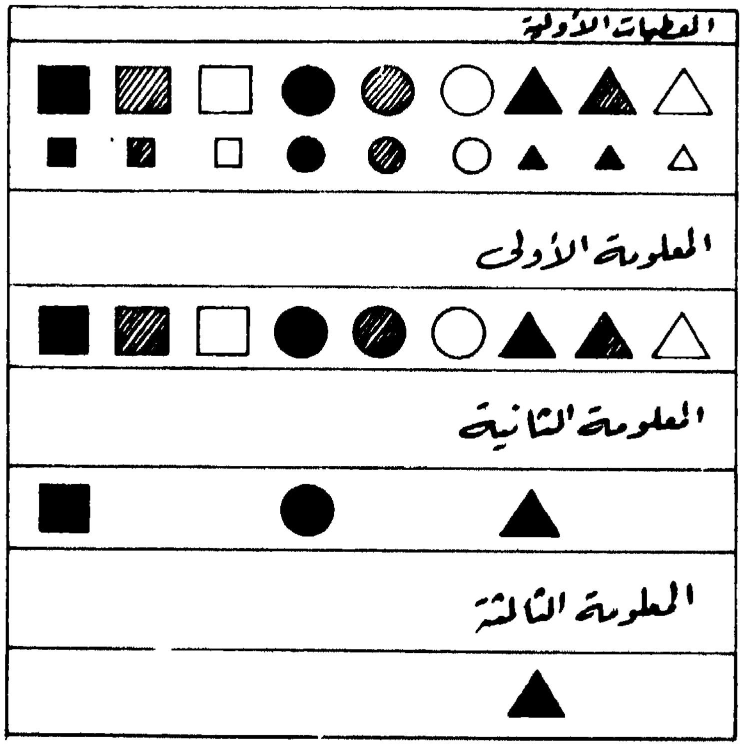
شجرة مورس

مفهوم القرار يمثل أحد جوانب المعلومات الهامة . فهل تقدر الآلة على اتخاذ القرارات ؟ والجواب هو أن التشفير الثنائي يسمح باشتقاق خطوات القرار الضرورية لفهم المعلومات وتحديد ماهيتها .

يمكن تمثيل هذه القرارات بيانيـاً بشكل « شجرة القرارات » و«شجرة مورس » المبينة اعلاه تبين خطوات القرار الضرورية لتحديد أحرف مورس المتبادلة . وعند كل تفريعة ينظر المرء فان شاهد نقطة يقرر الذهاب نحو الجهة اليسرى ، واذا شاهد خطاً يقرر الاتجاه إلى الناحية اليمنى .

توضح هذه الشجرة للوهلة الأولى ان علامات مورس ممثلة فعلياً بسلسلة من الارقام الثنائية (0، 1) وأن مبدأ توزع اشارات مورس يبقى نفسه من بداية الشجرة إلى نهايتها .

تظهر فائدة القرار في العمليات الانتقائية في كل من الكائنات الحية والآلة ولكي تتمكن الآلة من اختيار جسم محدد من بين كمية من الأشياء،لابد من تزويد الآلة ببعض المعلومات بحيث تم عملية الاختيار أو الانتقاء عن طريق اتخاذ جملة « القرارات » وهنا يتم في كل مرحلة ستبعاد جزء من الأشياء وتضييق الدائرة شيئاً فشيئاً حول الجسم المطلوب .



مراحل اختيار جسم من بين مجموعة أشياء

أ ـ المعلومة الأولى : الجسم المطلوب كبير
نغض النظر عن جميع الأشياء الصغيرة .

ب ـ المعلومة الثانية :الجسم المطلوب أسود
نغض النظر عن جميع الأشياء البيضاء ، والرمادية (المهشرة)

جـ ـ المعلومة الثالثة : الجسم المطلوب مثلث الشكل
نغض النظر عن المربعات والدوائر .

لايبقى بعدها غير المثلث الأسود الكبير .

القرار كبير ـ صغير ، كان قراراً ثنائياً (اما ، أو) القرارات أسود ـ رمادي ـ أبيض وكذلك مربع ـ دائرة ـ مثلث كان كل منها اختياراً بين ثلاثة أغصان في شجرة القرارات .

* * *

الفصل الخامس

الأتمتة :
في قلب جميع الجمل السبرنتيكية

الأوتومات ونظرية الأتمته :

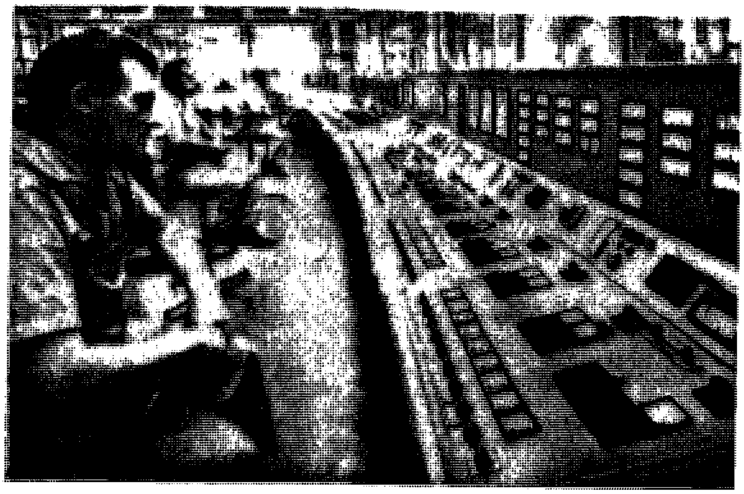
استعرضنا في الفصل الأول تطور الاوتومات في القرون الماضية . وحتى نهاية القرن الماضي فقد كانت الاوتومات واجهزة الحساب تعاني من قصورين واضحين .

أولهما أنها كانت عبارة عن آلات ميكانيكية لذا فقد كانت « بطيئة » وسريعة العطب .

وثانيهما أنها كانت غير قادرة على القيام بأكثر من عملية واحدة في المرة الواحدة وبعد كل مرة وجب على الانسان التدخل من جديد ليقدم للآلة المهمة التالية .

ونلخص ما سبق بقولنا أن « الاوتومات » عبارة عن جملة تستقبل المعلومات من البيئة وتخزنها وتعالجها ثم تقدم للوسط الخارجي معلومات جديدة .

أما « الاتمتة » فهي عملية هندسية تتم من خلالها الاستعاضة عن الفعالية البشرية بجمل صنعية (اوتوماتات) .

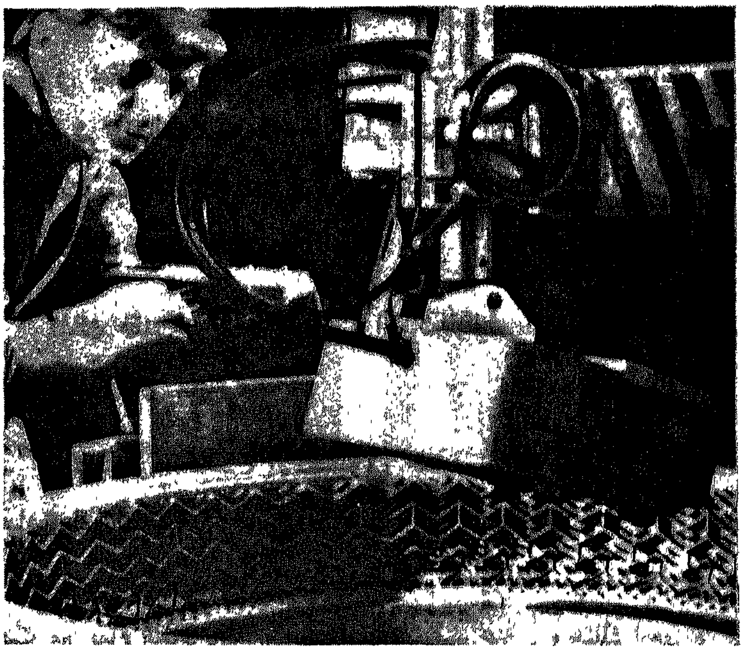


صالة تحكم مركزية لمصنع مؤتمت لصناعة السكر

هذه العملية تمثل أحد المظاهر الهامة للثورة العلمية التقنية ، أو « الثورة الصناعية الثانية » التي تجري على قدم وساق في جميع الدول المتقدمة صناعياً منذ منتصف القرن العشرين . والدافع الرئيسي لتزايد الأتمتة هو امكانات الانسان المحدودة من جهة وضرورات رفع مستوى المعيشة من جهة أخرى . فالاوتوماتات تختصر دور الانسان وتوفر عليه التدخل المستمر وكذلك التدخل بصورة دورية ، وهي تؤدي إلى زيادة كبيرة في الانتاج .

ومما لاشك فيه أن الاستفادة المثلى من إمكانيات التكنولوجيا الحديثة ، وكذلك تنظيم العمل بشكل جيد واستخدام معالجة المعلومات الالكترونية ،

كل هذا يسمح ببرمجة العمل وتوجيهه بصورة أكثر فعالية . ويعتبر السيبرنتيك واحداً من المسلمات العلمية الاساسية لعملية الأتمتة .



جهاز ليزري لمراقبة جودة اطارات السيارات

وقد شهدت الفترة الماضية انتشار الاتمتة بشكل واسع في تكنولوجيا الصناعات الانتاجية بفروعها المختلفة مثل صناعة الطاقة ، والنقل ، والمواصلات ،والعمليات الكيميائية . وقد استطاع الانسان أن يتوصل إلى الأتمتة الكاملة عن طريق ربط أربع جمل مستقلة مع بعضها : عملية الانتاج الفعلي ، مراقبة الجودة ، حساب التكاليف ومراقبة تنفيذ المهام حسب البرنامج الموضوع .

نضرب مثالاً على ذلك من مجال تكنولوجيا المعلومات ففي « الهاتف

الآلي » يتم تأمين الاتصال بين المشتركين بصورة مؤتمة كلياً تقريباً . فاختيار الرقم عبارة عن عملية تحكم عن بعد . كذلك يتم حساب الاجرة أوتوماتيكياً وذلك استناداً إلى مدة المكالمة والمسافة بين المتخاطبين .

وفي مجال السير فقد أزاحت اشارات السير الضوئية ذات البرامج المتغيرة شرطة السير من مفارق الطرقات ، اذ تقوم هنا منشآت معالجة المعلومات بقيادة الاشارات الضوئية آخذة بعين الاعتبار ساعات الازدحام والسرعة المرغوبة للآليات .

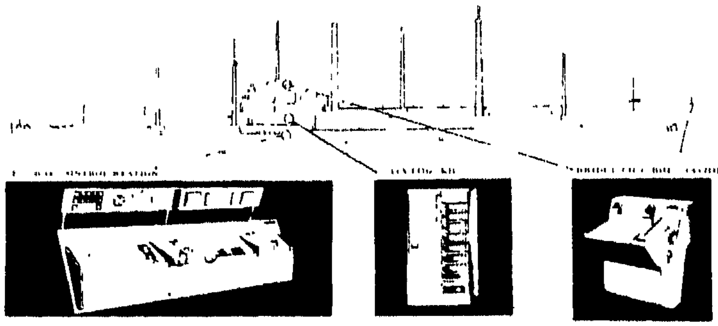
كذلك فقد شقت الحاسبات الالكترونية طريقها أيضاً إلى السفن والطائرات وحتى الصواريخ .

وهنا يتولى الحاسب الالكتروني عملية توجيه الطائرة فيخفف من أعباء ربان الطائرة ، اذ يتم الاعتماد على مقياس للارتفاع في التحكم بسرعة دوران محرك الطائرة وبذلك يستمر الطيران بسرعة ثابتة على مسار ثابت مع بقاء الطائرة في وضع افقي لاتحيد عنه . وهناك أجهزة كاملة الأتمتة تضمن هبوط الطائرة دون أي تدخل من ربانها .

ومن المفيد الاشارة إلى أن استخدام مثل هذه الأجهزة – على الرغم من فائدته – يواجه معارضة جماهيرية كبيرة في الدول المتقدمة صناعياً ، لأن مواطني هذه الدول لايتقبلون وضع أرواحهم ومصائرهم تحت رحمة « آلة الكترونية » .

في أول سفينة تجـــارية أمريكية كاملة الأتمتة تقوم الاجهزة الاوتوماتيكية في صالة التحكم المركزية للسفينة بمراقبة جميع التجهيزات التكنولوجية للسفينة وتوجيهها حيث يصل إلى مستقبل المعلومات مايزيد

عن ٩٠ معلومة مستقلة حول ظروف عمل الآلات المختلفة . وفي الوقت نفسه يتم هنا تدوين جميع التغيرات في سرعة السفينة ومسارها . وبامكان الربان في غرفة القيادة الخاصة به التحكم بكل من الآلات والدفة أو توقيفها عن العمل .

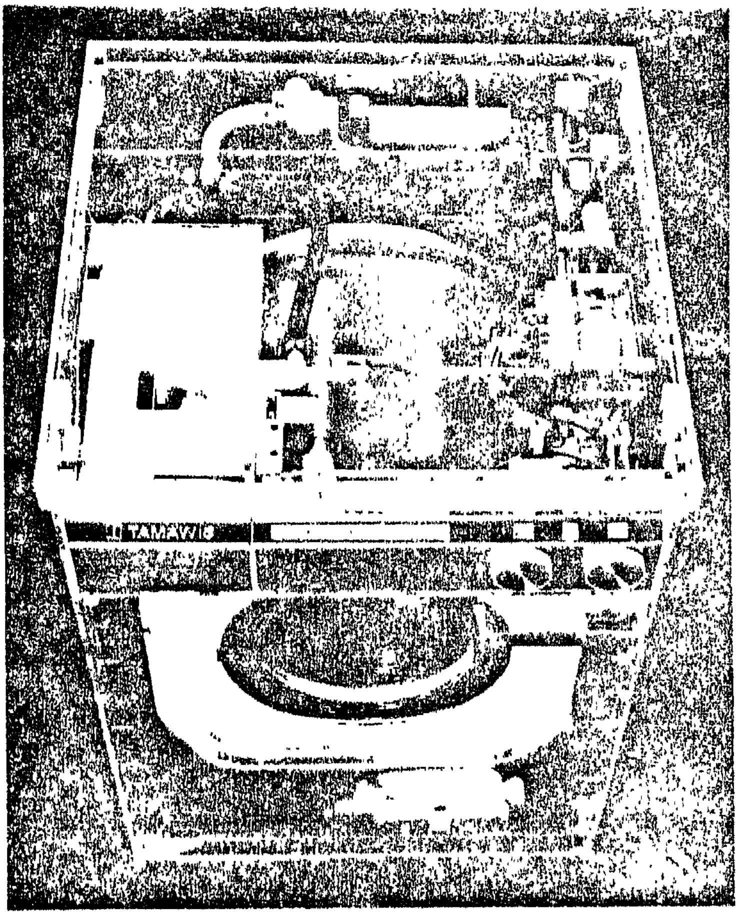


أول سفينة شحن أمريكية ذات قيادة الية تامة

المنازل العصرية بدورها لايمكن تصورها بدون الاوتوماتات . وعلى سبيل المثال فان فرن الامواج الميكروية الحديثة يمكن برمجته للحصول على درجة النضج المرغوب بها للشواء حسب نوع اللحوم وحالتها أو وزنها. كذلك يقوم حاسب الكتروني صغير بقيادة العمليات المختلفة في الغسالة الاوتوماتيكية على اختلاف براجها. وقد دخلت مثل هذه التجهيزات عدداً كبيراً من المنازل سواء في الدول الغنية أو الدول « الفقيرة » .

المعالجة الأوتوماتيكية للمعلومات :

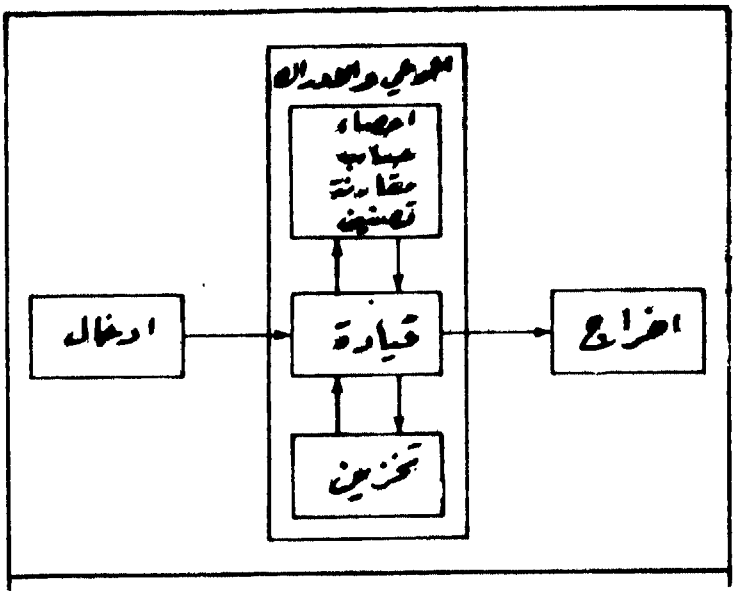
تعرفنا في فقرة سابقة على /٦/ مناشط مختلفة يقوم بها الانسان باعتباره كائناً معالجاً للمعلومات (انظر الفصل السابق) . وسنحاول الآن توضيح



غسالة اوتوماتيكية ذات جدران زجاجية

مبدأ عمل أجهزة معالجة المعلومات على أساس تشابهها في أداء هذه المهمة مع الانسان .

سنستعرض أولاً مخطط معالجة المعلومات عند الانسان (وتجاوزاً في الكائنات الحية بشكل عام) .

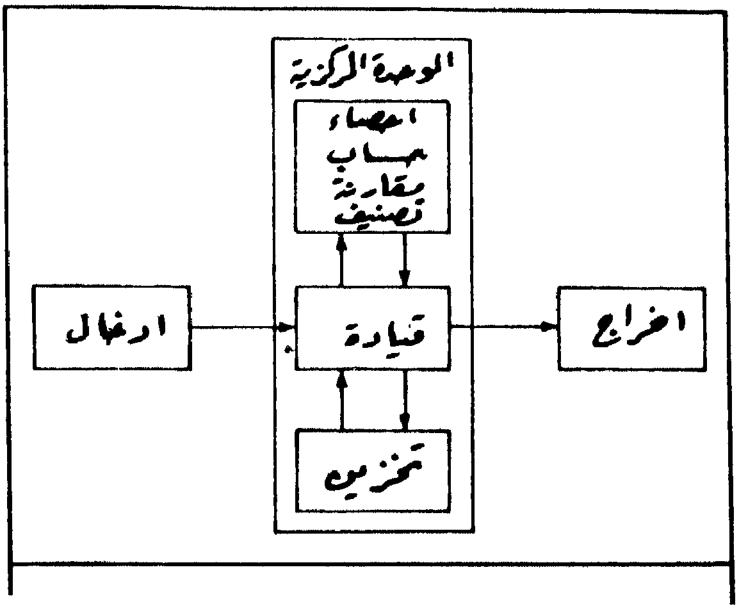


الانسان كائن معالج للمعلومات . فنحن نستقبل المعلومات بواسطة حواسنا ونعالجها في مخنا ثم نخرج المعلومات على شكل حركات عضلاتنا . كذلك فنحن نقوم بتخزين كميات كبيرة من المعلومات خارج مخنا بشكل أفلام أو أشرطة مغناطيسية أو كتب .

عند حديثنا عن تاريخ الاوتوماتات عايشنا التطور الذي توج باختراع منشآت معالجة المعلومات الالكترونية ، للوهلة الأولى تبدو هذه المنشآت غامضة جداً ، ومصدر هذا الغموض هو الأزرار والمصابيح الكثيرة ، خصوصاً وأنها لا « تشبهنا » من حيث المظهر اطلاقاً . ورغم ذلك كله فان طريقة أدائها لوظيفتها مشابهة تماماً — في خطوطها الجوهرية العريضة — لوظائف الكائنات الحية .

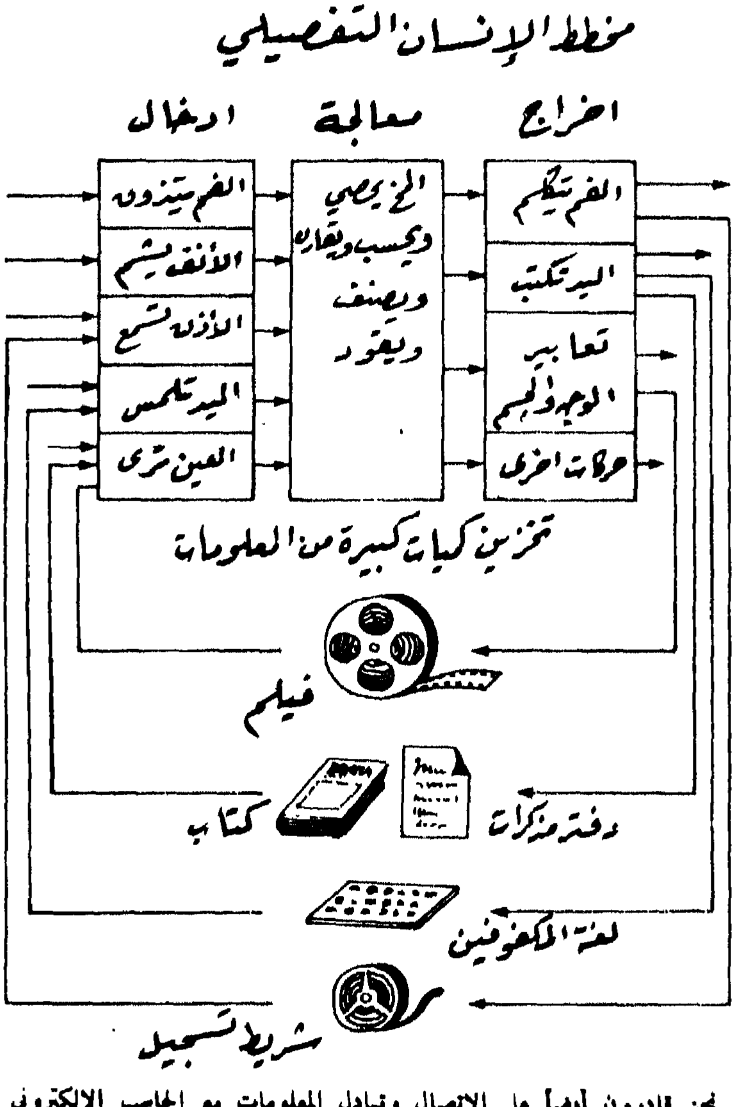
ينطبق على الحاسب الالكتروني — من حيث المبدأ — ماينطبق على السيارة أو الطائرة : فعلى المرء أن يعرف الكثير كي يتمكن من تصميم

طائرة وبنائها ، لكنه يحتاج إلى أقل من هذه المعرفة بكثير كي يتمكن من قيادتها وصيانتها . كما ويمكن التعرف بسرعة إلى منطلقاتها الأساسية .



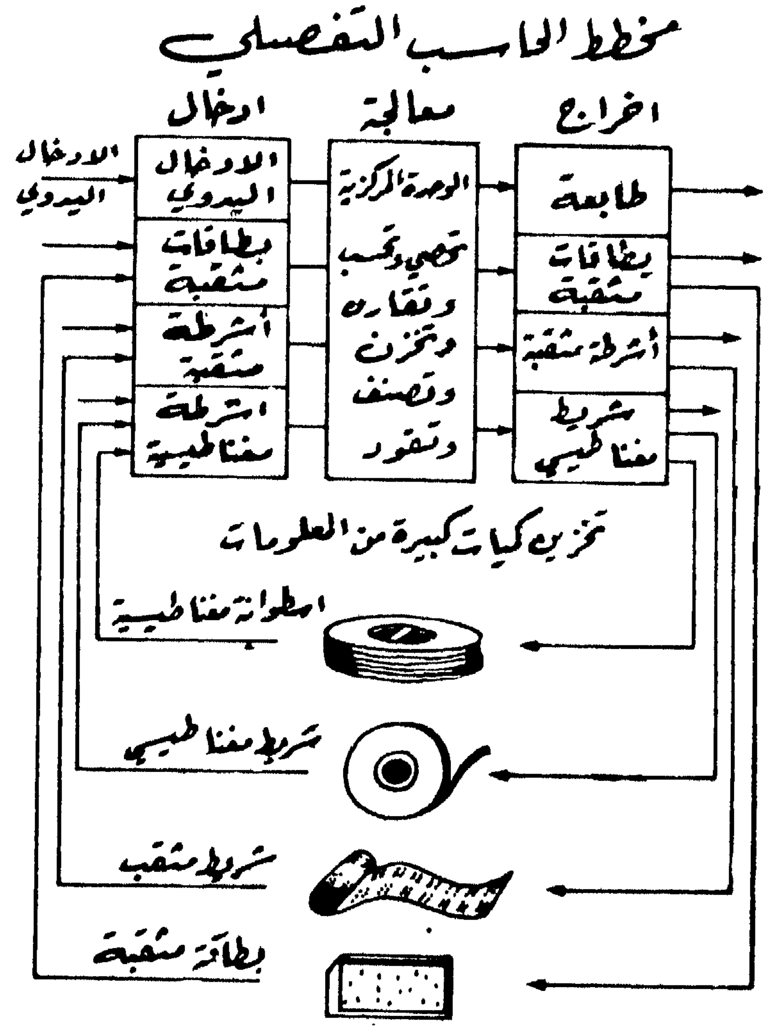
الحاسب الالكتروني عبارة عن آلة معالجة للمعلومات يستقبل الحاسب المعلومات عن طريق أجهزة الدخل ، ويعالجها في الوحدة المركزية ويخرجها بمساعدة أجهزة الخرج . كما ويتم تخزين كميات كبيرة من المعلومات خارج الحاسب الالكتروني في مخزنات مغناطيسية ، وأشرطة وبطاقات مثقبة .

مخطط الانسان التفصيلي

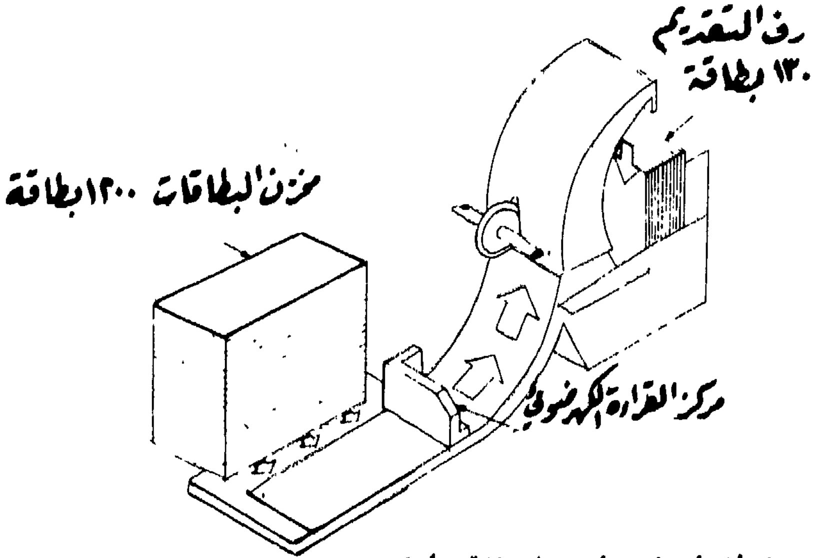


نحن قادرون أيضاً على الاتصال وتبادل المعلومات مع الحاسب الالكتروني بواسطة اليد ، مثلا التي تثقب البطاقة أو عن طريق لمس أحرف الآلة الكاتبة الخاصة بدخل الحاسب ، أو بواسطة العين التي تقرأ الاحرف الخارجة من الحاسب بشكل مطبوع أو على شاشة الاظهار الخاصة بمنشأة ومعالجة المعلومات .

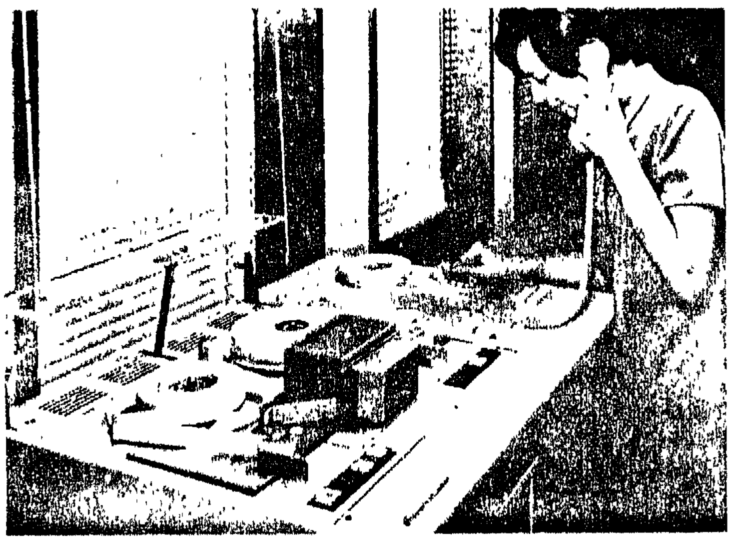
مخطط الحاسب الالكتروني التفصيلي



يقوم الحاسب بواسطة أجهزة الدخل باستقبال المعلومات المشفرة (المعطيات والبرامج) التي تقدمها له . وهو يزودنا بواسطة أجهزة الخرج بنتائج معالجة المعلومات التي قام بها وهنا أيضاً يتم تبديل الشفرة مرات عديدة ضمن الحاسب نفسه .

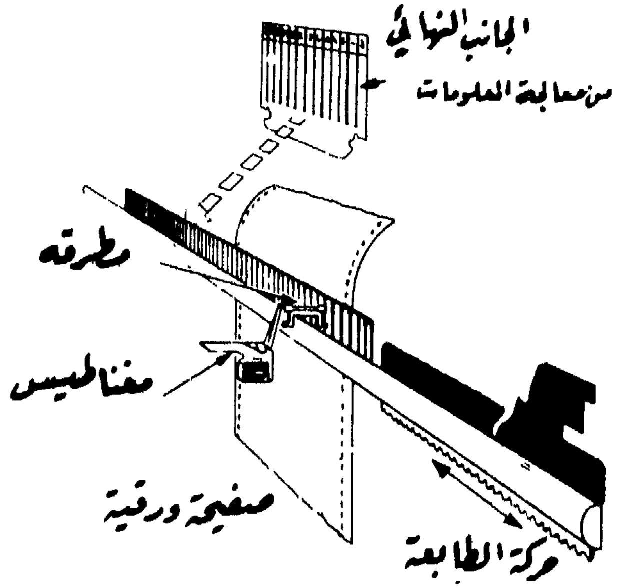


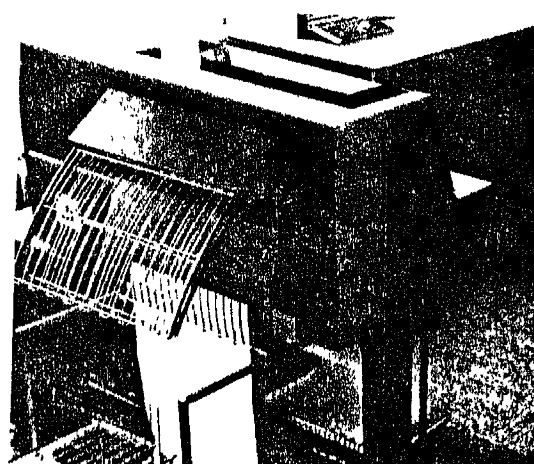
مسار البطاقات لآلة IBM طراز ٥٠١



آلات الإدخال مثل قارئات البطاقات، أو الأشرطة المثقبة عبارة عن محطات قراءة كهرضوئية مشابهة للعين البشرية .

آلات الادخال مثل قارئات البطاقات أو الاشرطة المثقبة عبارة عن محطات قراءة كهرضوئية مشابهة للعين البشرية .



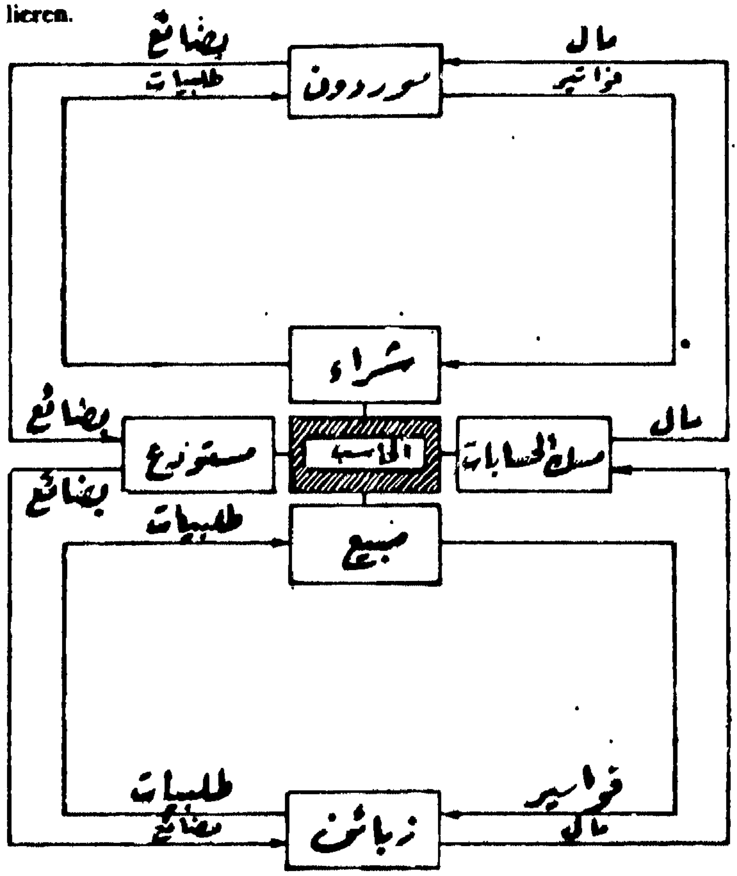


طابعة سريعة تمثل تجهيزات الاخراج

تجهيزات الاخراج – مثل الطابعة السريعة التي تتشابه طريقة عملها مع ردود فعل جملة عضلات الجسم .

نجد اليوم في كل مصنع كبير منشأة (مركزاً) الكترونية لمعالجة المعلومات ويلاحظ أن الحاسب الالكتروني أصبح ركناً رئيسياً في أعمال الانتاج والتجارة ، وفي المصارف وشركات التأمين ، وفي البريد

lieren.



نستعرض فيما يلي مثالا مبسطاً عن شركة تجارية ضخمة مكونة من أربعة قطاعات : المشتريات ، المستودع ، المبيعات ، والحسابات . في قلب الشركة تقع منشأة معالجة المعلومات الالكترونية . انها تعالج المعلومات والمعطيات وتساعد في تدقيق سريان المواد والاموال والتحكم بها .

والبرق والهاتف ، وفي خطوط السكك الحديدية وشركات النقل ، وفي البلديات والمراكز المالية للدول المتقدمة صناعياً . وقد بدأ الحاسب يتغلغل تدريجياً في فعاليات الدول النامية أيضاً .

بصورة عامة فان المتطلبات المترتبة على الحاسب الالكتروني كثيرة ومتنوعة وعلى سبيل المثال فهو يقوم بما يلي :

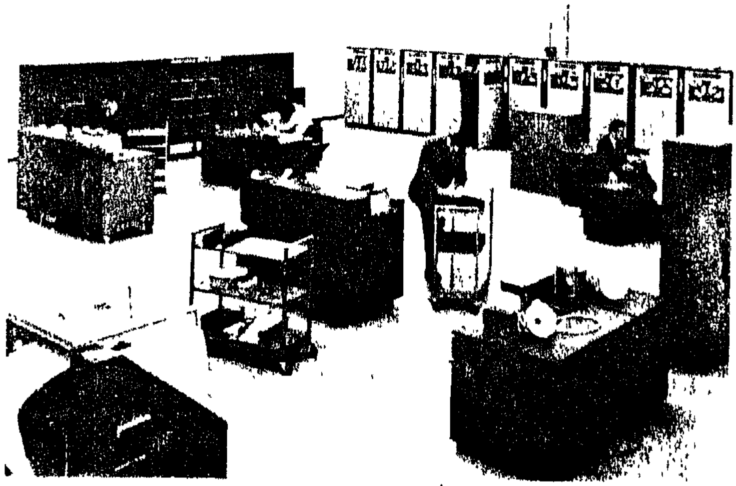
١ – طبيب عصري ، حيث تستخدم منشأة معالجة الكترونية (حاسب) كمساعد في التشخيص . تدخل الأعراض المرضية للمصابين إلى الحاسب حيث يقوم بمقارنتها مع الأعراض المخزنة بغية تحديد المرض (انظر الفصل السابع) .

٢ – في المدارس العصرية يقوم الحاسب بتدريس بعض المقررات وذلك باستعمال برامج خاصة . كما ويستطيع امتحان الطلاب ووضع علامات النجاح لهم .

٣ – ينوي أحد المصانع انتاج علف رخيص قدر الامكان على أن يحتوي كمية محدودة من البروتينات . يقوم الحاسب الالكتروني بتحديد أفضل نسب المزج لعلف مكون من /٣٦/ مادة مختلفة .

٤ – يقوم حاسب الكتروني في شركة فولكسفاكن مرتين شهرياً بحساب أجور العمال في الشركة ، علماً أن عددهم يزيد على /١٠٠٠٠٠/ يعملون في مدن متفرقة .

ولاتمثل البنود المذكورة آنفاً الا غيضاً من فيض من امكانيات الحاسب الهائلة . وهذه كلها – وغيرها كثير – يمكن تنفيذها بمساعدة المنشآت الالكترونية لمعالجة المعلومات .



مركز حسابات كبير تابع لشركة تليفونكن الألمانية

ومن حيث المبدأ تزداد امكانيات منشأة معالجة المعلومات وتتوسع مجالاتها مع ازدياد خبرة الانسان ومع تطور علومه ومعارفه .

فمن الطبيب تأتي معارف الطب الحديث . كما أن المعلم يعرف الكثير عن علوم التربية . اما منتج العلف فهو يستخدم خبرته لبلوغ التغذية الصحيحة للمواشي . . . . . الخ .

يقوم المتخصصون في الحاسبات بجمع هذه المتطلبات والخبرات جميعاً. بعدها يقومون — خطوة خطوة — بتطوير برنامج التعليمات لمنشأة معالجة المعلومات الالكترونية .

مخططو الجمل ، ومدراء الدوائر ينظمون أفضل الطرق (السبل) لسريان المعطيات والمعلومات ، ويقومون بتحديد أنسب طرق العمل ، ويقررون حجم ونوع الحاسب الالكتروني المطلوب .

محللو الجمل والمبرمجون الالكترونيون يحددون الخطوات الافرادية

التفصيلية للبرامج . وبعدها يقومون بتحويل هذه البرامج إلى لغة الآلة ، بحيث يتمكن الحاسب من فهمها وتنفيذها .

في كثير من الاحيان يتم وضع تجهيزات ادخال المعلومات واخراجها في غرف مستقلة عن غرفة الحاسب الالكتروني ، لكنها تكون مرتبطة مع الحاسب بوصلات خاصة . يطلق على هذه الطريقة اسم معالجة المعلومات عن بعد .

وهكذا نجد ــ مثلاً ــ جميع مكاتب حجز شركة الطيران الألمانية الموزعة في المدن الكبرى الالمانية مربوطة مع حاسب مركزي رئيسي موجود في مدينة فرانكفورت ، بينما ترتبط مكاتب شركة بان اميريكان الامريكية بالحاسب المركزي في نيويورك. وهنا بمقدور الموظف العامل في أي مكتب فرعي أن يسأل عن أية طائرة وعن مسارها ، وعن عدد الركاب الذين حجزوا في احدى رحلاتها ، وعن عدد المقاعد الشاغرة في رحلة معينة .

تستخدم معالجة المعلومات عن بعد أيضاً عند اطلاق الأقمار الصناعية أو الصواريخ بغية التحكم بها من محطة الأرصاد الأرضية . وهكذا يقوم القمر الصناعي ببث المعلومات المتعلقة بحالته إلى الأرض ويحدد موقعه وسرعته وذلك باستعمال الموجات الاذاعية . اثر ذلك تقوم منشأة معالجة المعلومات في محطة الارصاد الأرضية خلال ثوان معدودة بتقييم هذه المعلومات ، ثم بث نتائج المعالجة إلى المركبة فتعدل أجهزة قيادة المركبة الطائرة بما فيها نفاثات توجيه الصاروخ .

وبهذه الطريقة ذاتها تم تحويل مسار مركبات فوياجير الامريكية عندما اقتربت من زحل علماً أنها كانت على بعد يقارب مليار كيلومتر عن الأرض .

* *

الفصل السادس

السبرنتيك: علم التحكم الأوتوماتيكي

كما أسلفنا ، يعرف السيبرنتيك الآن بأنه علم « التحكم » ويقصد بالتحكم هنا تنظيم مجموعة أعمال مخصصة لتحقيق هدف معين ومحدد .

ومع أننا تحدثنا عن « التحكم » كثيراً في فصول الكتاب السابقة ، الا أننا نرى أن من الواجب أن نستعرض المعنى العلمي لهذه الكلمة نظراً لاهميتها البالغة .

التحكم . . . لماذا ؟

يدرك كل انسان مثقف أهمية « التحكم » وضرورته في حياتنا ومن المتفق عليه أن التحكم دوماً « يزيد » و « يحسن » « ويرفع » . . . . الخ كل الاشياء التي تهمنا وإلى أقصى حد ممكن. ومن المؤكد أن احداً لايشك بذلك مطلقاً .

ولكن ، لكي نفهم ضرورة التحكم تعالوا نشك دقيقة واحدة بأهميته ، ونتصور أن لدينا وسيلة ما (جهازاً) قادرة على الغاء التحكم ومقاومته . ولعلنا لسنا بحاجة إلى مثل هذه الوسيلة نظراً لان الطبيعة بحد

ذاتها تعارض التحكم والنظام وذلك وفقاً لقانون الترموديناميك الثاني الذي ينص على أن كل جملة مستقلة * أو منظومة مستقلة ومعزولة بشكل كامل عن كل المؤثرات الخارجية عنها ستنتهي مع الزمن إلى الخراب .

هذا هو قانون الطبيعة . في المجال الصناعي ، يطلق على الحوادث التي تخضع إلى هـذا القانون اسم « الاستهلاك » ، وفي الكيمياء يطلق اسم « خراب » وفي البيولوجيا اسـم « المـوت » . وقـانون الترموديناميك الثاني قانون عام . ولم تذكر حادثة واحدة أو جملة فيزيائية واحدة لم يطبق عليها . ولم تورد السجلات العلمية أية استثناءات له .

وهكذا فان « التحكم » هو من أجل مجابهة الظواهر العشوائية للطبيعة والتي تتجلى في قانون الترموديناميك الثاني .

ومع أن قانون الترموديناميك الثاني يرد في المراجع العلمية بأشكال مختلفة إلا أن ذلك ليس مهماً بالنسبة لموضوعنا . لقد نتجت أهمية التحكم في حياة الانسان من ضرورات ترويض ظواهر الطبيعة المختلفة بحيث نستطيع الحصول على الفائدة المطلوبة بالقدر اللازم والكافي . ومنذ القديم عرف الانسان كيف يستفيد من طاقة الرياح في تحريك السفن الشراعية أو الطواحين الهوائية . وفي جميع الاحوال كان لابد من اتباع طريقة معينة لتوجيه الشراع لتحقيق الاستفادة المثلى من طاقة الرياح .

(*) تطلق كلمة جملة (أو نظام أو منظومة) للتعبير عن أي ترتيب أو مجموعة من الاشياء بينها علاقة او ارتباط من نوع ما يجعلها تشكل كلا واحداً أو تعمل كوحدة كاملة .

ويمكننا أن نورد العديد من الأمثلة على طاقة مياه الانهار أو النار وغيرها ، وهي توضح بشكل جلي أهمية « التحكم » . وجميع الحمل الهندسية التي توصل إليها الانسان تحتاج إلى التحكم بشكل أو بآخر . فمولدات الكهرباء مثلاً تقوم بتحويل طاقة البخار إلى كهرباء . إلا أن هذه العملية لاتستكمل بدون التحكم الذي يؤمن توليد الكهرباء بالقدر اللازم في الوقت المناسب . ولولا الترموستات في البراد – وهي أداة التحكم فيه – لازدادت درجة البرودة فيه إلى حد لايطاق . وبدون وجود منظمات الضغط في خزانات الهواء المضغوط لانفجرت الخزانات ، وغيرها كثير .

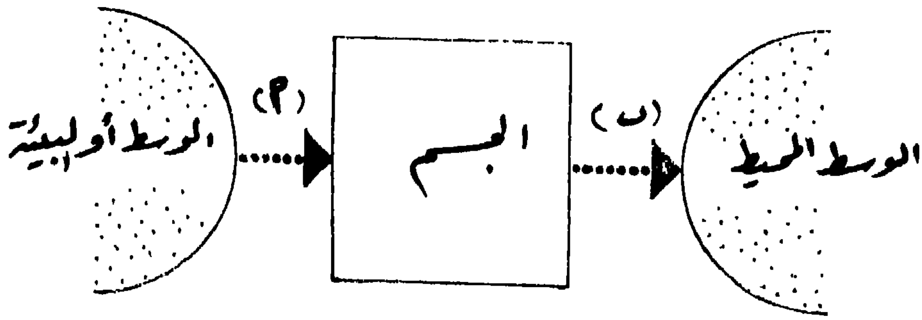
في الفقرة التالية سنستعرض تطبيقات أخرى ، وكلها توضح أهمية التحكم ودوره في حياة الانسان .

« الجسم » : مادة التحكم

إن جميع المواد المحيطة بنا تؤثر على بعضها بعضاً حسب قوانين الفيزياء المعروفة . وسنصطلح على تسمية العنصر الذي يهمنا بـ « الجسم Object » ، بينما نطلق على المواد الأخرى التي تتبادل التأثير معه اسم « الوسط المحيط أو البيئة » وهكذا ينقسم العالم إلى جزئين غير متساويين : « الجسم أو مادة التحكم » و « الوسط المحيط به » (وبالطبع فنحن نقع ضمن المواد التي تمثل الوسط المحيط وبالتالي فاننا نمثل البيئة التي تؤثر على الجسم وتتأثر به) .

من الواضح أن « الوسط » يؤثر على « الجسم » ، وكذلك فان « الجسم » بدوره يؤثر على « الوسط » وهذه التأثيرات المتبادلة قد تكون

بأشكال مختلفة لاحصر لها : فيزيائية (قوى تجاذب ، مؤثرات حرارية ، قوى ميكانيكية وغيرها) . ومعلوماتية أي على شكل اشارات تحمل معلومات معينة . من المناسب تمثيل التأثيرات المتبادلة بين الجسم والوسط على شكل مخطط كالمبين أدناه . وهنا نمثل الجسم بمستطيل ذي سهمين . السهم (أ) يمثل تأثير البيئة على الجسم ، والسهم (ب) يمثل تأثير الجسم على البيئة .



ولنضرب بعض الأمثلة على هذه التأثيرات المتبادلة :

لنفرض أن « الجسم » هو جهاز استقبال (راديو) . ان تأثير الجهاز على الوسط المحيط ذو طبيعة صوتية (السهم ب) . أما تأثير الوسط على الجهاز (وهذا التأثير نقوم به نحن) فيكون عن طريق اختيار المحطة وتحديد مستوى الصوت ونوعيته (السهم أ) .

واذا افترضنا أن الجسم هو معمل ، فان السهم (أ) هنا يدل على المواد الأولية، أو المواد نصف المصنعة والوقود وجميع المواد الأخرى الداخلة إلى المعمل،أما السهم (ب) فيشير إلى المواد المصنعة الخارجة من المعمل .

أما إذا كان الكائن الحي هو الجسم فانه يعي حالة الوسط المحيط به

بواسطة حواسه المختلفة (عناصر الاستقبال) وفق القناة (أ) ، ويؤثر على الوسط بواسطة عضلاته وفق القناة (ب) ، أي أنه يقوم إما بتغيير هذا الوسط أو يقوم بتغيير موضعه بالنسبة للوسط المحيط وهذا يكافىء تغيير الوسط .



ويمكننا أن نورد عدداً كبيراً جداً من الأمثلة . ونقترح عليك عزيزي القارىء أن تكمل قائمة الأمثلة التي بدأناها وأن تحاول إيجاد « أجسام » وأن تقوم بتحليل وضعها بالنسبة للوسط المحيط .

ونحب أن نذكر أن الجسم ليس شيئاً محدداً أو ثابتاً على الدوام ولكنه يخضع لحاجاتنا ولرغباتنا وأهدافنا . وهكذا ، مثلاً ، المعمل من

وجهة نظر أهداف مختلفة يغير طبيعة تأثيراته على الوسط المحيط بشكل جذري ، فوزارة الصناعة تعتبره مكاناً يتم فيه تغيير المواد المقدمة إليه (أ) إلى منتوجات جاهزة (ب) ، بينما تعتبره الادارة الصحية مصدراً للاصابات والحوادث المؤسفة . ويعتبره العامل كدائرة تقوم بتحويل جهده (أ) إلى راتب (ب) . وتعتبره الدوائر المسؤولة عن الهندسة الصحية كمنبع للفضلات لانه يقوم بتوسيخ الوسط المحيط وفق القناة (ب) ولهذا يتم تغريمه وفق القناة (أ) .

من المنطق أن نتساءل هنا : لماذا نعزل « الجسم » عن « الوسط » ؟ ماهو الهدف من دراسة كل منهما على حدة ؟ .

في الحقيقة ، اننا نهدف إلى تحليل عملية التحكم ، ولهذا السبب نفصل الجسم عن الوسط بغية التحكم به وتوجيهه . وهذا الإجراء بالضبط هو الذي يسمح بتحديد الجسم وخصائص تأثيراته على الوسط المحيط . والجسم لايبقى هنا شيئاً عادياً ولكنه « مادة التحكم »

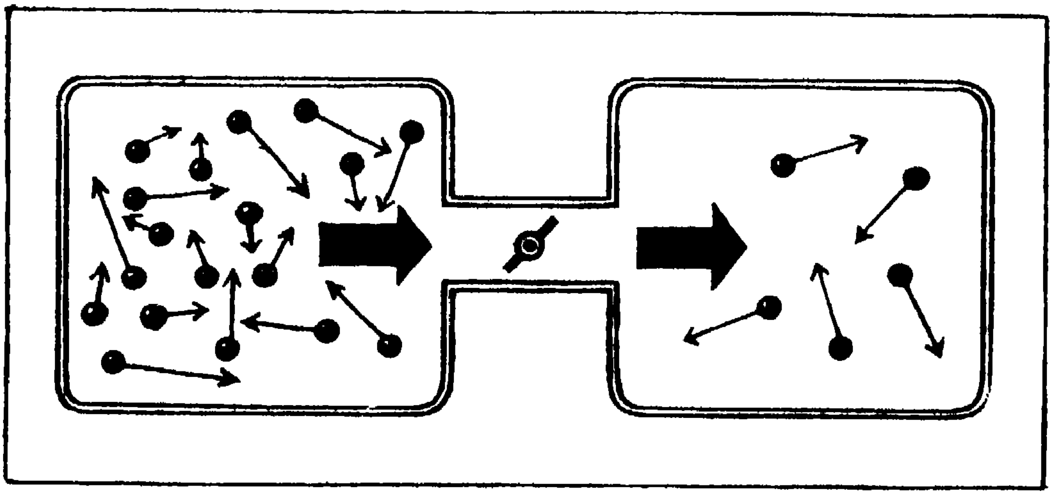
والآن آن الآوان كي نجيب على السؤال :

ماهو « التحكم » ؟

ماهو في رأيك ، عزيزي القارىء ، الشيء المشترك بين « عفريت ماكسويل » ، والترموستات والزبال ، وعامل الخراطة ، ومدير المؤسسة ، والمصمم ، والباحث العلمي ؟

وعفريت ماكسويل هو جهاز وهمي تخيله العالم الانكليزي الكبير ماكسويل لتشكيل تناقض فكري بغية توضيح مفهوم التحكم . يقوم

الجهاز بتصنيف جزيئات الغاز حسب سرعتها . وقد وصف فينر « العفريت » كما يلي :



دائرة مبسطة ﻟ « عفريت » مكسويل . الجزيئات ذات الأسهم الطويلة تتحرك بسرعة أكبر .

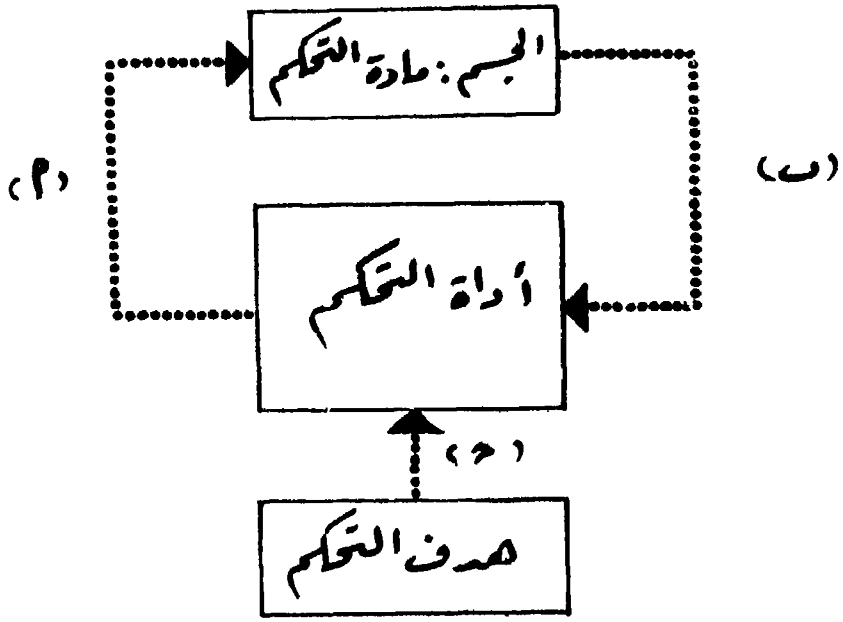
لنفرض أن هناك غازاً درجة حرارته واحدة في جميع أجزائه موجود في خزان ما وان بعض جزيئات هذا الغاز تتحرك بسرعة أكبر من الجزيئات الأخرى . ولنفرض أنه يوجد باب صغير في الخزان ينتقل الغاز عبره إلى انبوبة توصل إلى محرك حراري ، وان فتحة الاخراج في هذا المحرك الحراري متصلة بواسطة انبوبة أخرى وعبر باب صغير آخر بغرفة الغاز . (انظر الشكل) . ويوجد لدى كل باب مخلوق « عفريت » يراقب الجزيئات المقتربة ويفتح أو يغلق الباب الصغير تبعاً لسرعة الجزيئات .

ويسمح « العفريت » بمرور الجزيئات الخارجة من الخزان عبر الباب الأول بشرط أن تكون سرعتها كبيرة ، ولايسمح بمرور الجزيئات ذات السرعة القليلة . أما عند الباب الثاني فدور هذا « العفريت » معاكس تماماً ، فهو لايفتح الباب إلا للجزيئات الخارجة من الخزان بسرعة قليلة ، ولايسمح بمرور الجزيئات ذات السرعة الكبيرة . ونتيجة لذلك ترتفع درجة الحرارة عند أحد أطراف الخزان وتهبط عند الطرف الآخر وهذا الاختلاف في الحرارة يمكن استعماله لتشغيل محرك حراري .

والترموستات — أو المنظم الحراري — هو جهاز لتنظيم درجة الحرارة في مكان ما وهو يعمل كما يلي : عندما تكون درجة الحرارة في المكان أقل من درجة معينة فان المنظم يوصل المسخن إلى الكهرباء فيمر التيار الكهربائي في مقاومة كهربائية فتزداد درجة حرارة المكان . واذا كانت درجة الحرارة أكبر من الحد المقرر فان المنظم يفصل المقاومة عن شبكة الكهرباء فتبرد الغرفة . . . وهكذا .

والزبّال ، وعامل المخرطة ، ومدير المؤسسة ، والمصمم ، والباحث العلمي كل هؤلاء أناس يقومون بعمل معين في المجتمع الانساني .

للوهلة الأولى ، لايبدو أن هناك شيئاً مشتركاً يجمع بين كل هؤلاء الناس والاشياء . ولكن — مع ذلك — فثمة شيء مشترك . وهذا الشيء المشترك هو أن تصرف الجميع هادف ، أي نحو تحقيق هدف موضوع . وبشكل آخر نقول ان تصرف الجميع موجه نحو تغيير الجسم بغية جعله أنسب وأكمل من وجهة نظر الاهداف والغايات الموضوعة.باختصار نسمي هؤلاء الأشخاص والاجهزة « أدوات التحكم » .



والمخطط العام لنظام التحكم مبين في الشكل أعلاه . وهنا نشاهد دائرة التحكم المغلقة . فبالنسبة للجسم أو للمادة فان أداة التحكم تمثل الوسط الخارجي (أو بشكل أدق تمثل جزءاً منه) . والسهم (أ) يبين الاتجاه الذي يؤثر به « عنصر التحكم » على « الجسم » . بواسطة هذه القناة – قناة التحكم – تتم عملية التحكم أي يتم تغيير الجسم بشكل يقربه من الهدف المطلوب .

ولكن من أجل ذلك يجب معرفة حالة الجسم فلا يمكن تنظيم الجسم بأعين مغلقة . والسهم (ب) في الشكل ذاته يدل على القناة التي تقوم أداة التحكم بواسطتها بمعرفة حالة الجسم . وعن هذا الطريق لتنتقل المعلومات عن وضع الجسم وحالته . وهذه المعلومات هامة جداً من أجل اجراء عملية التحكم .

والشيء المميز لكل أداة تحكم تتركز في « التصرف الهادف » لعمل هذه الأداة . فأداة التحكم تؤثر على « الجسم » وتوجهه بحيث يحقق الهدف الموضوع بدقة . وهكذا مثلاً فان هدف عفريت ماكسويل هو زيادة تركيز الجزيئات « السريعة » في أحد الامكنة و « البطيئة » في مكان آخر . اما استعمال المنظم الحراري فهو يهدف إلى المحافظة على درجة الحرارة في غرفة (أو براد مثلاً) عند حد معين .

وبامكان القارىء بدون صعوبة أن يتصور بنفسه الاهداف الموضوعة أمام أدوات التحكم الاخرى مثل الزبال ، عامل المخرطة ، مدير المؤسسة . . الخ . وبهذا الشكل فان التحكم عبارة عن تصرف هادف موجه لتحقيق هدف ما ومطبق على الجسم وهكذا فان التحكم ينتج بتأثير العاملين التاليين :

١ ــ معلومات عن سلوك الجسم تنتقل بواسطة القناة (ب) .

٢ ــ هدف التحكم الذي تتلقاه أداة التحكم من الخارج بواسطة القناة (ج) (انظر الشكل) .

ولكن ، من أجل التحكم الفعال لاتكفي معرفة الهدف وحده ، ولابد بالاضافة إلى ذلك من معرفة الطريقة للتوصل إلى الهدف . ومعرفة طريقة التأثير على الجسم بحيث تحصل في النهاية على الهدف المطلوب ، وهذا في كثير من الاحيان ليس أمراً سهلاً البتة .

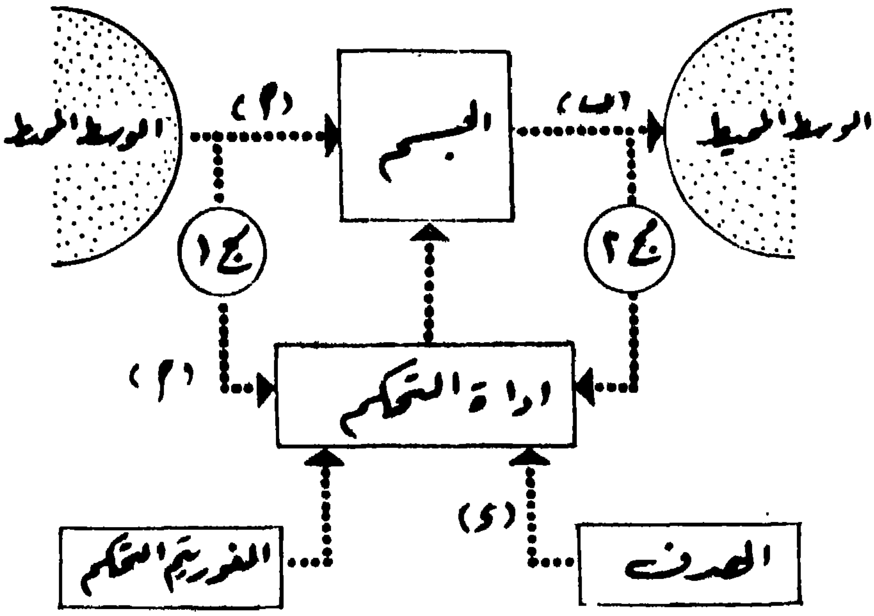
في الحالات البسيطة تحل هذه المسألة بدون صعوبة مثلاً من أجل الترموستات يتضح تماماً أنه عند انخفاض درجة الحرارة يجب وصل المسخن إلى شبكة الكهرباء واذا كانت درجة الحرارة أكبر من الحد المطلوب ينبغي فصل المسخن عن الشبكة .

ولكن حالات التحكم البسيطة المماثلة نادرة جداً ، وفي كثير من الاحيان يكون توضيح طريقة الوصول إلى الهدف صعباً للغاية .

وهكذا نقترب هنا من أحد أهم المفاهيم الأساسية للسيبرنتيك وهو مفهوم الغوريتم التحكم . يفهم من الغوريتم التحكم القاعدة والطريقة والمعلومات التي تحدد الطريق إلى الهدف (انظر الفصل الثاني) . فمن أجل عفريت ماكسويل فان هذه القاعدة هي تصنيف الجزيئات حسب سرعتها . والغوريتم عمل الترموستات يتمثل بالقاعدة التي يعمل وفقها . وعامل الزبالة يصل إلى الهدف الموضوع – وهو نظافة الشارع – عن

أداة التحكم	الجسم أو المادة	هدف التحكم	الغوريتم التحكم
عفريت ماكسويل	الجزيئات في الخزان	زيادة درجة الحرارة في أحد أجزاء الخزان وانقاصها في الجزء الآخر	السماح لجزيئات الغاز السريعة بالمرور إلى أحد أجزاء الخزان والبطيئة إلى الجزء الآخر.
الترموستات	درجة حرارة الوسط	المحافظة على درجة الحرارة ثابتة .	عندما تكون درجة الحرارة أكبر من الحد المطلوب يفصل المسخن عن الشبكة وفي الحالة المعاكسة يوصل المسخن إلى الشبكة .
الزبـال	الشـارع	المحافظة على الشارع نظيفاً .	جمع الأوساخ ونقلها بعيداً .
عامل المخرطة	القطعة المشغولة	اعداد القطعة وفق المخططات	قطع وازالة الأجزاء المعدنية الزائدة بواسطة المخرطة .
مدير المؤسسة	مجموعة العاملين في الدائرة	تنفيذ الخطة المتفق عليها	اختيار الأفراد وتكليف كل منهم منح المكافآت أوتوقيع العقوبات . .. الخ .

طريق جمع الزبالة (والالفوريتم يتمثل بالمعاومات المتعلقة باستعمال المكنسة وتجميع الاوساخ) . وعامل الخراطة يتحقق هدفه بالمخططات الهندسية التفصيلية للقطعة التي يراد اعدادها . ويحقق العامل ذلك باستعمال مخرطة مناسبة (والالغوريتم المطلوب هو قواعد تشغيل المخرطة) .



فمدير المؤسسة يحقق هدفه — وهو تنفيذ الخطة المتفق عليها — باستعمال الغوريتم خاص للتحكم يتضمن منح المكافآت للعناصر النشيطة وتوقيع العقوبات على العناصر المقصرة . وفي الجدول السابق أوردنا أهداف التحكم والغوريتمات التحكم من أجل الأمثلة المذكورة آنفاً .

يمكننا الآن أن نضع مخططاً عاماً لعملية التحكم وذلك دون ذكر مثال محدد لأن جميع العمليات متماثلة من حيث المبدأ . وهذا المخطط مبين في الشكل الأخير .

كما هو واضح من الشكل فان الجسم يتبادل التأثير مع الوسط الخارجي عن طريق القناة (أ) والقناة (ب) فالقناة (أ) تحمل المعلومات عن حالة الوسط ، والقناة (ب) تحمل المعلومات عن حالة الجسم . وهذه المعلومات تعتبر أساسية من أجل تركيب عملية التحكم . إلا أن أداة التحكم لاتتلقى كل معلومات التحكم هذه ولكنها تتلقى الجزء الذي تقيسه المجسات . فالمجس (مج١) يعطي حالة الوسط الخارجي والمجس (مج٢) يعطي حالة الجسم . وبالطبع فان (أ) و (ب) لاتحمل جميع المعلومات الموجودة في (أ) و (ب) نظراً لأن تحويل المعلومات (وكل مجس عبارة عن محول للمعلومات) لايكون كاملاً بل يضيع جزء من المعلومات خلال عملية التحويل .

المجسان (مج١) و(مج٢) يقومان بدور مترجمين من لغة إلى أخرى . وتتلخص الفكرة بأن التأثير المتبادل بين الجسم والوسط الخارجي يمكن تمثيله على شكل « محادثة » . يطرح الوسط أسئلة حسب القناة (أ) ويقوم الجسم بالاجابة على أسئلة الوسط حسب القناة (ب) ولكي تقوم أداة التحكم بعملها بشكل فعال فان عليها أن تعرف عم « يتحدث » الوسط مع الجسم . ونظراً لأن اللغات المستعملة مختلفة (أداة التحكم في الجمل الهندسية تتكلم عادة لغة النبضات الكهربائية ، بينما يتفاهم الجسم مع الوسط المحيط ، في معظم الحالات باستعمال لغة المؤثرات الفيزيائية : القوة ، الانتقال ، الحرارة . . . الخ) ، لذا يترتب على أداة التحكم أن تحتوي على مترجمين : الأول (مج١) ينقل الكلمات والجمل التي تصدر عن الوسط ، والآخر (مج٢) ينقل الجمل والكلمات التي تصدر بلغة الجسم ويحولها إلى لغة مفهومة من قبل أداة التحكم .

بعد الحصول على المعلومات الضرورية عن سلوك الجسم والوسط ، تقوم أداة التحكم بالتأثير على الجسم وفق القناة (ب) ، والتأثير الهادف لهذا العمل يؤمنه الهدف (والمعلومات عن الهدف تصل إلى أداة التحكم عن طريق القناة (د) ، وكذلك الغوريتم التحكم (السهم) (ه) على الشكل الاخير . . . (— وهذه المعطيات يجب أن توضع سلفاً في أداة التحكم .

بهذا الشكل ، لكي يتم التحكم بشكل سليم — أي أن يقوم التحكم بتغيير الجسم بشكل هادف — يجب أن يحتوي على أربعة عناصر ضرورية .

١ — قناة لجمع المعلومات عن حالة الجسم والوسط (أَ) و(بَ)

٢ — قناة التأثير على الجسم (ج)

٣ — هدف التحكم (د) .

٤ — الغوريتم (الطريقة ، القواعد) التحكم (ه) التي تشير إلى الطريقة أو الوسيلة التي يمكن بواسطتها الوصول إلى الهدف باستعمال المعلومات عن حالة الجسم .

من عناصر التحكم الاربعة المذكورة نهتم في السيبرنتيك بشكل رئيسي بالعنصر الاخير أي بانشاء الغوريتمات التحكم . أما العناصر الثلاثة الأولى فهي تعتبر خارج حدود علم السيبرنتيك . في الحقيقة ، يهتم بمسألة جمع المعلومات علم « الانفورماتيك » ، وتهتم بمسألة نقل المعلومات نظرية الاتصالات ، كما أن تنظيم التأثير على الجسم تهتم بها « نظم المتابعة » .

ولكن ، لابد من الاشارة إلى أن السيبرنتيك لايقف موقف المتفرج من عمليات جمع المعلومات ومعالجتها ومن عمليات تشكيل الهدف وتنظيم التأثير على الجسم . فهي تهم السيبرنتيك حسب ارتباطها بانشاء وتحقيق وتجسيد الغوريتمات التحكم . وقد تنتهي فعالية الغوريتم ممتاز إلى الصفر نتيجة أخطاء في جمع المعلومات الواردة ومعالجتها أو نتيجة أخطاء في متابعة اشارات التحكم ، أو عند وجود خطأ في تحديد هدف التحكم . . . . الخ لذا ، عند اعداد الغوريتمات التحكم يجب الانتباه أيضاً إلى الطريقة التي سيتم بواسطتها جمع المعلومات عن سلوك الوسط والجسم ومعالجتها . كذلك يجب أن نتساءل أيضاً ، كيف ستعمل آليات التشغيل التي ستنتقل أوامر التحكم ، وماهي الاهداف التي ستوضع أمام جملة التحكم . ولكن ، نكرر أن العنصر الرئيسي والمركزي في كل جملة تحكم على الدوام هو « الالغوريتم » .

ولتوضيح الفكرة بشكل أفضل نقول إن الالغوريتم هو قلب أداة التحكم ، وأن أقنية جمع المعلومات هي أعضاء حواسها ، وان قناة التأثير على الجسم هي يدها أما الهدف فهو « حاجاتها الضرورية » التي لاغنى عنها .

التغذية المرتدة (العكسية) : Feed Back

في كل جملة أو نظام هناك مفهومان خاصان :

الدخل Input والخرج Output

فالدخل يمثل المواد والمعطيات والارقام . . . وغيرها ، الداخلة إلى الجملة بينما يمثل الخرج المواد أو المعطيات الخارجة من الجملة . وبشكل

تخطيطي يمثل النظام بمستطيل حيث يدل السهم الوارد إلى المستطيل على « الدخل » والسهم الخارج يشير إلى خرج النظام (انظر الشكل) وفي العادة يحتوي المستطيل الذي يمثل النظام على وصف -- أو اسم -- العنصر الذي يؤثر على الدخل كي يعطي الخرج، وتمثل الأسهم اتجاه سير الاشارات أو المعلومات .



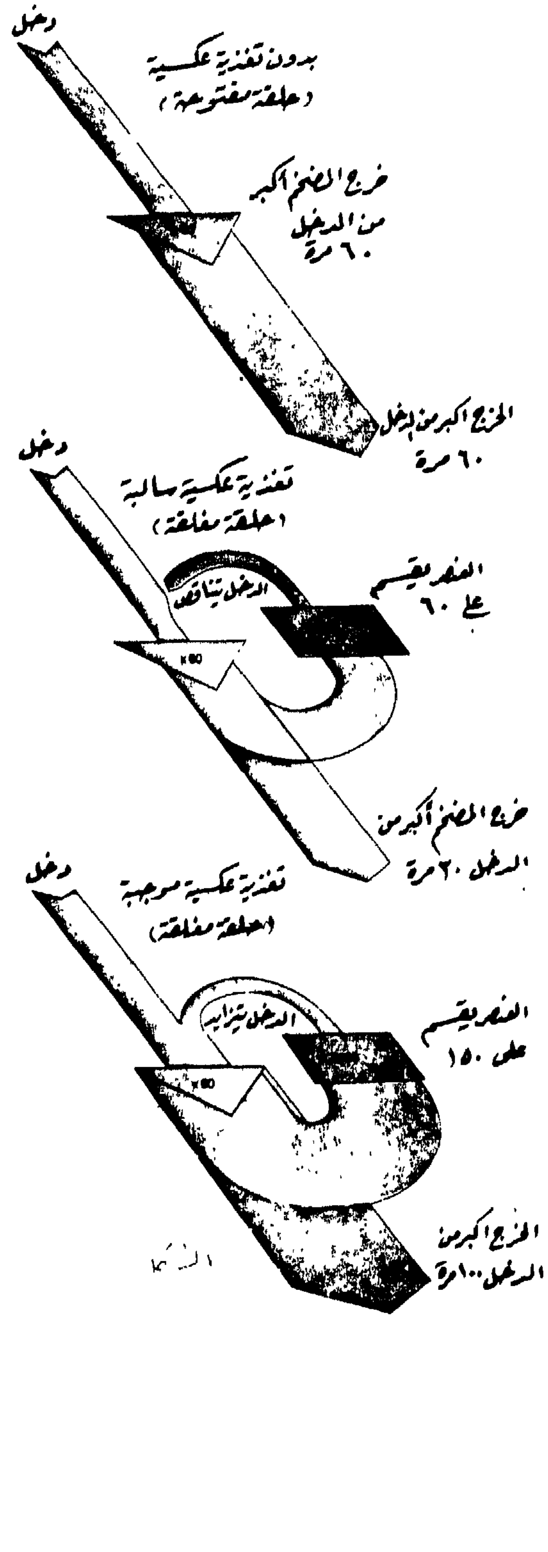
وهكذا فان « دخل » الآلة البخارية هو « البخار » الذي يقوم بدفع مكبس الآلة ، وبالتالي فان « خرج » الآلة هو حركة المكبس . كذلك فان دخل معمل للاسمنت هو الرمل والغضار والمواد الأولية الاخرى وخرجه هو الاسمنت . واذا عدنا إلى الشكل على الصفحة ١٤٦ يمكننا أن نقول إن السهم (أ) الذي يوضح أثر الوسط الخارجي على الجسم يمكن اعتباره « الدخل » ، بينما يمثل السهم (ب) الخرج .

وهناك نوعان من نظم التحكم :

١ -- نظم التحكم التي يكون فيها الخرج مستقلاً عن الدخل . وهذه نسميها « نظم التحكم ذات الحلقة المفتوحة » .

٢ -- نظم التحكم ذات الدارة المغلقة ، ويطلق عليها أيضاً اسم « النظم ذاتية التحكم » وفي هذه الطريقة يؤخذ جزء من الخرج لتعديل الدخل .

ان استعمال جزء من الخرج -- في نظام ما -- للتحكم بالدخل يطلق عليه « التغذية العكسية أو المرتدة » فعندما يتصل الخرج بالدخل نحصل



دخل
بدون تغذية عكسية
(حلقة مفتوحة)
خرج المضخم أكبر
من الدخل
٦٠ مرة
الخرج أكبر من الدخل
٦٠ مرة
دخل
تغذية عكسية سالبة
(حلقة مغلقة)
الدخل يتناقص
x60
خرج المضخم أكبر من
الدخل ٢٠ مرة
دخل
تغذية عكسية موجبة
(حلقة مغلقة)
الدخل يتزايد
x60
الخرج أكبر من
الدخل ١٠٠ مرة

على حلقة التغذية المرتدة التي تستعمل لمراقبة أية عملية وضبطها بالشكل اللازم والمطلوب . بشكل آخر فان التغذية العكسية هي احدى خصائص نظم التحكم المغلقة التي تسمح للخرج بأن يقارن مع الدخل لكي يتم العمل التحكمي الملائم .

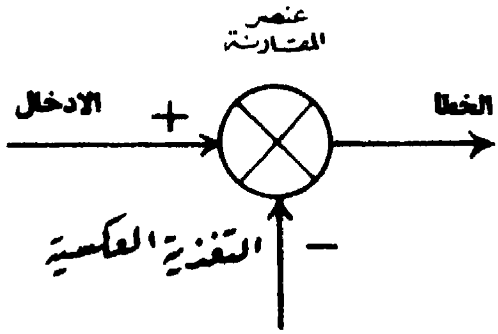
والشكل عـلى الصفحة / ١٥١ / يوضح مبدأ التغذية العكسية مطبقاً على المضخمات الالكترونية فالمضخم وحده يقدم ربحاً (تضخيماً) معيناً لكل إشارة * تمر عبره . ويطلق على هذا الربح اسم ربح الدارة المفتوحة (وتسمى الدارة المفتوحة لعدم وجود اتصال بين الخرج والدخل). والربح هو بالتعريف قيمة الخرج مقسومة على الدخل .

وحلقة التغذية العكسية قد تكون موجبة أو سالبة . فعندما تطرح الاشارة المغذاة من الخرج إلى الدخل من الاشارة الأصلية تكون التغذية العكسية سالبة أما إذا أضيفت الاشارتان فالتغذية العكسية موجبة .

وفي حال التغذية العكسية السالبة بانتظام محكم ذي حلقة مغلقة يكون هنالك « عنصر مقارنة » يقارن بين الدخل والتغذية العكسية ويوجد الفرق بينهما . فالخطأ اذن هو خرج عنصر المقارنة . ولتمثيله نرسم دائرة بدلاً من مستطيل ونضع فيها اشارة (×) وتوضع علامة (+) مع الدخل وعلامة (-) مع التغذية العكسية السالبة (انظر الشكل التالي) .

أن التغذية العكسية أساس جميع ميادين التكنيك الحديث وهي تشكل عنصراً أساسياً في جميع الآلات ذاتية التحكم ، ويستحيل أن نجد آلة سيبرنتيكية بدون تغذية عكسية .

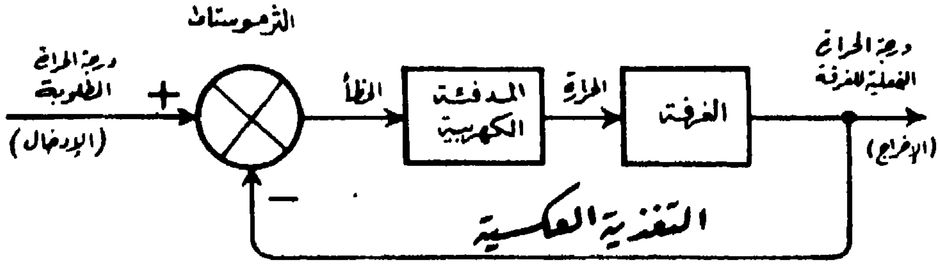
(*) الاشارة : هي أي موجة صوتية أو راديوية أو ضوئية أو معلومات أو نبضة ... الـخ .



عنصر المقارنة في نظام تحكمي مغلق الحلقة

والشكل أدناه يبين نظاماً للتحكم بدرجة حرارة غرفة بواسطة مدفأة كهربائية (ويمكن استعمال النظام ذاته للتحكم بدرجة حرارة براد ، أو فرن للطبخ ، أو مكواة) . وفي هذا المثال يكون الدخل هو درجة الحرارة التي نريدها والتي نحددها عن طريق ضبط الترموستات . أما الخرج فهو درجة الحرارة الفعلية في الغرفة .

وهنا نجد أن عنصر المقارنة هو الترموستات الذي يقارن بين درجة الحرارة المطلوبة (الدخل) ودرجة الحرارة الفعلية للغرفة وهي (الخرج)



شكل بلوكات لنظام اوتوماتيكي لتدفئة غرفة

وذلك بناء على المعاومات التي تصاه عن طريق التغذية العكسية . والخطأ الناتج عن عنصر المقارنة يعطي بالمعادلة :

الخطأ = درجة الحرارة المطاوبة — درجة الحرارة الفعلية للغرفة .

وطالما كان الخطأ في هذه الحالة موجباً (أي طالما كانت درجة الحرارة المطاوبة أعلى من درجة حرارة الغرفة) فان المدفأة الكهربائية تعمل . وعندما يصل الخطأ إلى الصفر يبطل عمل المدفأة فوراً .

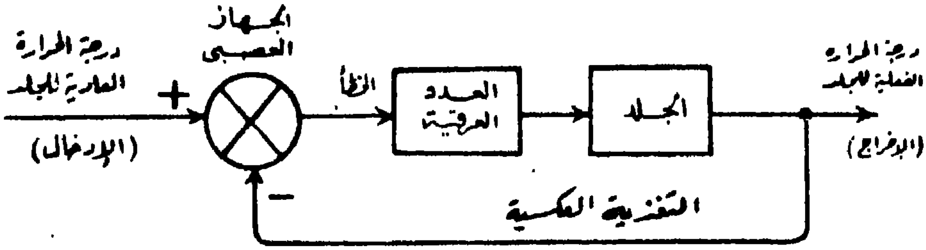
ومن غير المشكوك فيه أن جميع عمليات التحكم الهادفة إلى الحفاظ على توازن حيوي محدد في الانسان والحيوان تجري بصورة اوتوماتيكية . وعلى سبيل المثال ليس بمقدور الانسان الانتحار عن طريق الامتناع عن التنفس ، لأن ذلك سيؤدي إلى الاغماء وهذا يحرك عملية التحكم الاوتوماتيكي بالتنفس والتالي يمد الجسم بالهواء اللازم لاستمرار الحياة .

ويعتبر ثبات درجة حرارة جسم الانسان من أفضل الأمثلة على عمليات التحكم الحيرية ، التي تضبط درجة حرارة الجسم على القيمة /٣٦,٩/ درجة مئوية . ويتم ذلك بواسطة عمليتي تحكم تتمان بصورة اوتوماتيكية . فعندما ترتفع درجة حرارة البيئة الخارجية - صيفاً — يزداد تعرق الجلد وتنشط على سطحه عملية البخر التي تؤدي بالنتيجة إلى تخفيض درجة حرارة الدم إلى الدرجة المطاوبة . وعلى العكس يسبب انخفاض درجة الحرارة الخارجية إلى حركة العضلات وتسريع عمليات الاستقلاب (استحالة المواد وتبادلها) التي تولد مزيداً من كميات الحرارة . ومن الواضح أن عمليات التحكم الجزئية هذه تجري حتماً دون تدخل الوعي البشري فيها .

ويمثل الشكل أدناه النظام البيواوجي للتحكم في درجة حرارة الجلد عن طريق افراز العرق وبخره . وهنا نجد أن عنصر المقارنة هو الجهاز العصبي الذي يقارن بين درجة حرارة الجلد العادية (وهي الدخل في هذه الحالة) ودرجة الحرارة الفعلية للجلد (وهي الخرج) وذلك بناء على المعلومات التي تصله بطريق التغذية العكسية . والخطأ هنا تعطيه المعادلة الآتية :

الخطأ = درجة الحرارة العادية للجلد - درجة الحرارة الفعلية للجلد .

وطالما كان الخطأ في هذه الحالة سالباً (أي طالما كانت درجة الحرارة العادية للجلد منخفضة عن درجة حرارته الفعلية)فان افراز الغدد العرقية يكون أعلى من المعدل . وعندما يصل الخطأ إلى الصفر يعود الافراز إلى معدله .



المخطط الصندوقي لنظام بيولوجي للتحكم في درجة حرارة الجلد بافراز العرق وبخره

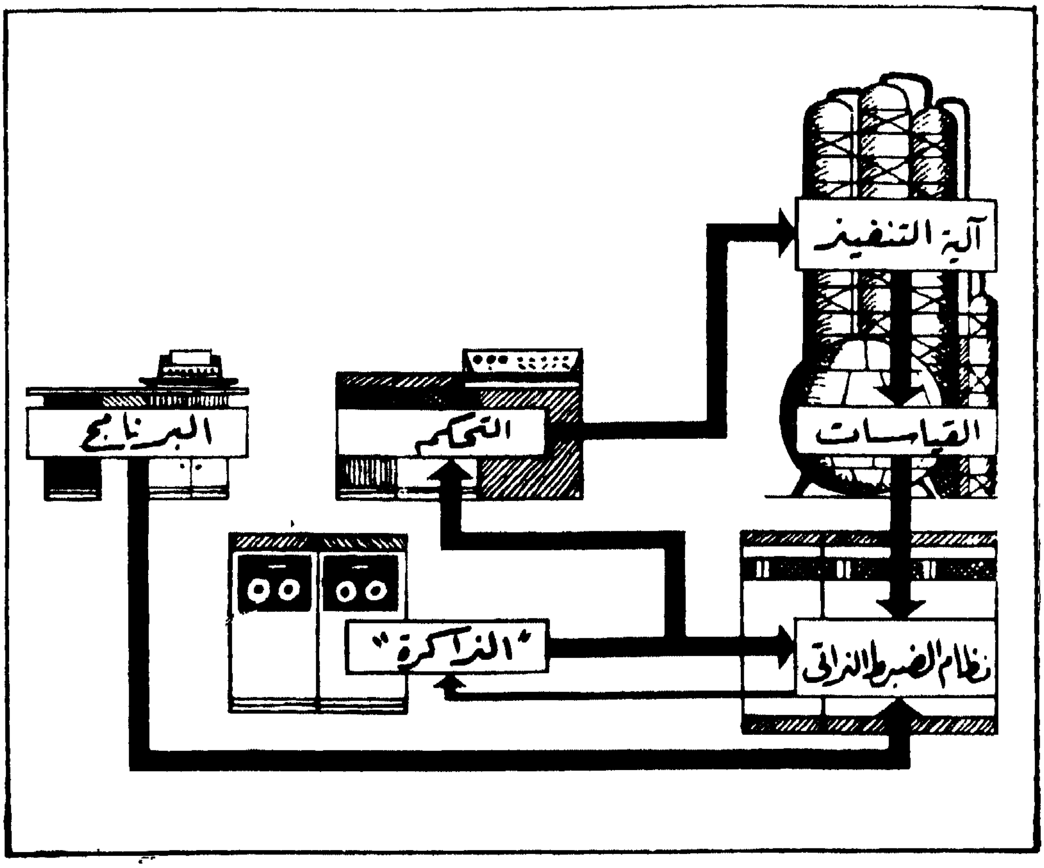
ان التكيف الذاتي هو أحد خصائص الجسم الحي ، وهو المثل الأعلى الذي يسعى إليه صانعو الاجهزة الاوتوماتيكية الحديثة . وهكذا ظهرت إلى الوجود جملة جديدة من التجهيزات أطلق عليها اسم « ذاتية التكيف والضبط » . وهي تتوصل إلى أفضل نظام للعمل

تبعاً للمؤثرات الخارجية . وينتشر استخدام هـــذه النظم في الصناعة أكثر واكثر .

ويمكن أيضاً صنع آلة ذاتية الضبط باستعمال نظام التحكم المبرمج . ومن أجل ذلك ينبغي أن يراقب جهاز التحكم الانحرافات في مقاييس القطع المنتجة ويحدث اوتوماتيكياً التغيرات في البرنامج الذي تعمل به الآلة . وفي هذه الحالة يأخذ البرنامج ، الذي كان في بداية العمل غير كامل ، في التحسن مع استمرار عمل الآلة وتنخفض نسبة التلف إلى الحد الأدنى .

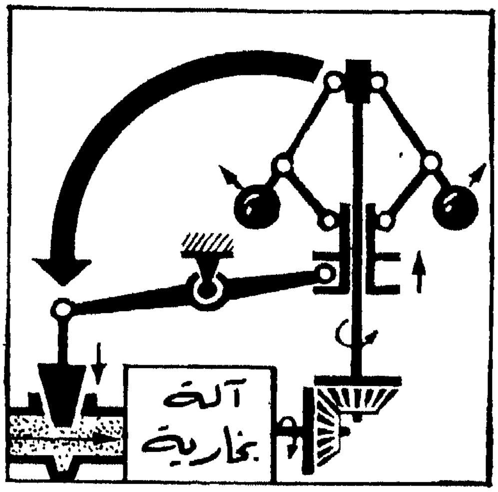
ويقول العلماء عن « انضباطات » الآلة هذه انهـــا تحسين ذاتي من الآلة لالغوريتمها أي لدليلها إلى العمل . ومادام النظام قادراً على تحسين الغوريتم عمله فانه قادر أيضاً على تحسين الغوريتم سلوكه ، أي جعله « مرناً » و « متكيفاً » مع الوسط الخارجي . ويبين الشكل أدناه مخططاً لمثل هذه الآلات . فالبرنامج هنا يحدد الهدف النهائي للعمل وهذا هو تيار المعلومات الأول . والبرنامج العامل الذي يدير العمل يأتي من «الذاكرة» ، وهذا هو التيار الثاني للمعلومات . أما التيار الثالث فيأتي طبعاً من دارة القياس . وهي مختلفة من حيث التصميم وطريقة العمل إلا أن المبدأ فيها جميعاً هو ذاته .

تجمع المراجع العلمية على أن أول استعمال لمبدأ التغذية العكسية تم على يد جيمس واط في آلته البخارية قبل /٢٠٠/ عام وقد عرف باسم منظم واط(انظر الشكل ص١٥٨) للمحافظة على سرعة الدوران ثابتة . وكما هو



هذا الاوتومات قادر على ضبط نفسه حسب نظام العمل المطلوب

مبين في الشكل تتلقى الآلة البخارية البخار عبر فوهة عليها صمام (بوابة) يدوّر محور الآلة البخارية بتأثير دفع البخار ويدير معه ـ في الوقت نفسه محوراً آخر مرتبطاً به بواسطة المسننات وعلى هذا المحور الاخير ركبت كرتان معدنيتان تدوران معه بتأثير القوة الطاردة المركزية (النابذة) لدوران المحور تتحرك الكرتان إلى أعلى ـ أو أسفل ـ وذلك حسب

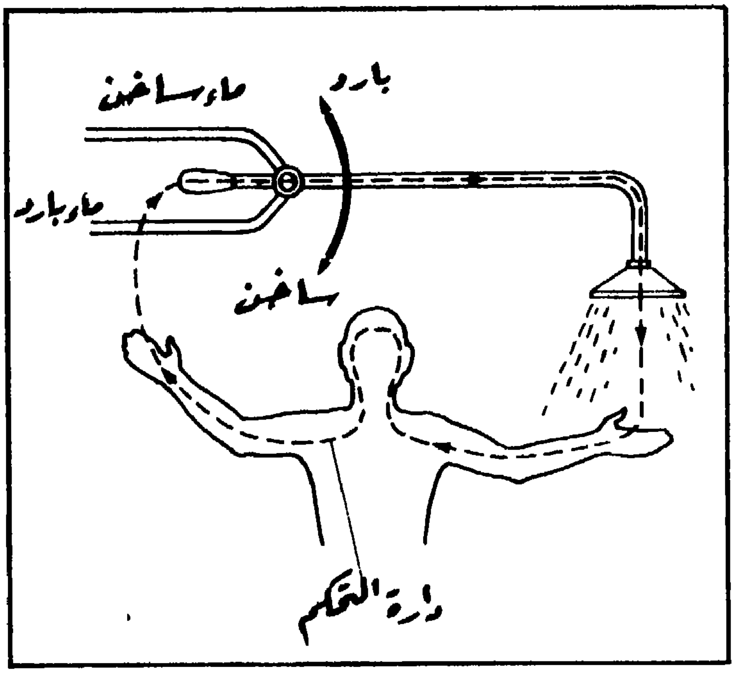


منظم واط . . صورة لرشالة وبساطة نظام ذي تغذية مرتدة

سرعة الدوران ، وهما تسحبان بحركتهما ذراع عتلة، وهذا الذراع هو الذي يقوم باغلاق فوهة البخار أو فتحها حسب اللزوم . فعندما تكون السرعة أكبر من اللازم فان الكرتين ستتحركان إلى الأعلى فتسحبان أحد طرفي العتلة فيقوم طرفها الآخر باغلاق فوهة البخار وتتم العماية بشكل معاكس تماماً عندما تكون سرعة الدوران أقل من اللازم .

مما تقدم يمكننا أن نلاحظ بوضوح أن التحكم هو عملية يتم فيها قياس مستمر للقيمة المراد ضبطها (التحكم بهـا) ومقارنتها مع قيمة أخرى (قيمة الهدف) واستناداً إلى نتيجة المقارنة يتم التأثير عليها بحيث تتلاءم مع قيمة الهدف .

يبين الشكل التـالي انساناً تحت الدوش . يتحسس هذا الانسان باحدى يديه درجة حرارة الماء وينتقل هذا الاحساس إلى المخ حيث تتم مقارنة درجة الحرارة الفعاية للماء مع درجة الحرارة المرغوب بها .



التحكم غير الاوتوماتيكي من قبل الكائنات الحية .

وبناء على هذه المقارنة يقوم الانسان بتعيير الصنبور فيزيد كمية الماء الساخن أو يقللها حتى يحصل التوافق بين القيمة الحقيقية والقيمة المفروضة .

من الواضح هنا أن بلوغ الهدف يتم بصورة غير ذاتية، فالمنظم أو عنصر المقارنة (وهو الانسان هنا) يجب أن يكون واعياً كي يتمكن من مقارنة القيمة الحقيقية مع القيمة المفروضة .

الكائن الحي كنظام للتحكم

ترجع دراسات المخ الانساني إلى عصور قديمة . فقد كتب الطبيب الاغريقي أبو قراط (٤٦٠–٣٧٥ ق.م) حول مهمة المخ: « المخ هو

مصدر الفرح والسرور والضحك ، كما انه سبب الشعور بالألم والضيق والبكاء . إلا أنه اولاً وقبل كل شيء وسيلة التفكير والفهم وبواسطته نرى ونسمع وبه نميز بين القبيح والجميل وبين الشر والخير » .

وقد ساهم في هذه الدراسات أيضاً الفيلسوف الاغريقي أرسطو (٣٨٤-٣٢٢ق.م) بمقال عن « الذاكرة والتذكر » وضح فيه طريقة تداعي الخواطر والأفكار والذكريات .

وفي عام ١٥٠٤ نشر غريغور رايش كتاباً عن المخ ضمنه مخططاً توضيحياً لمناطق المخ ووظيفة كل منها . وحسب رأيه تتركز في المخ الأمامي المقدرة على التصور والتخيل وهو لذلك مركز الحواس وتنتهي عنده أعصاب العين والاذن واللسان والانف بينما يتوضع التفكير واتخاذ القرارات في المخ الأوسط ويقوم المخ الخلفي بجمع المعلومات والذكريات وتخزينها .

لكننا نعرف اليوم أن خلايا المخ العصبية تمثل مراكز النشاط الذهني ، وهي تقوم بتوجيه حركة العضلات والحواس . كذلك تتركز فيه الذاكرة والمقدرة على الربط بين الظواهر .

ويتفرد المخ البشري بمقدرته على التعامل مع المسائل ذات المعالم غير الواضحة وذات الأوصاف الناقصة . وهو قادر على وضع الفرضيات وابتكار الضوابط اللازمة لاتخاذ القرارات مع مايلزم لذلك في تفسير المعلومات واكتشاف أوجه التشابه وتقييم المعطيات وتحديد مجالات الامان.

في النصف الثاني من القرن الثامن عشر قام العالم الايطالي الكبير لويجي غلفاني بسلسلة من التجارب على عضلات الحيوانات وقد نشر



نتائج أبحاثه في عام ١٧٩١ . وقد عرف فيما بعد أن معظم آرائه كانت خاطئة ولكن المهم أنه لفت الانظار إلى الاساس الكهربائي لعمل الاعصاب. وكما نعلم اليوم فان الميزة الاساسية للجهاز العصبي أنه ينقل المعلومات بوسائل كهربائية .

الدماغ :

يشغل دماغ الانسان الجزء العلوي من الجمجمة ويزن حوالي /٣/ أرطال وله تقريباً شكل وحجم جوزة الهند .

يشبه أحد علماء الاحياء المخ البشري بمكتب يجلس فيه ١٠ — ١٥ مليار موظف — وهذا العدد يقارب ٣—٤ أمثال عدد البشر الذين يعمرون كوكبنا الارضي حالياً — وجميعهم يتحادثون هاتفياً في اللحظة ذاتها . في كل موقع عمل تم تركيب مقسم هاتفي (سنترال) ، يسمح — خلال أجزاء معدودة من الثانية — بتأمين الاتصال مع العالم الخارجي أو مع الاقسام الاخرى للمكتب . هذا التشبيه يوضح التعقيد الهائل للمخ الذي يتكون من ١٠—١٥ مليار جذر (نواة) عصبي ، ترتبط مع بعضها

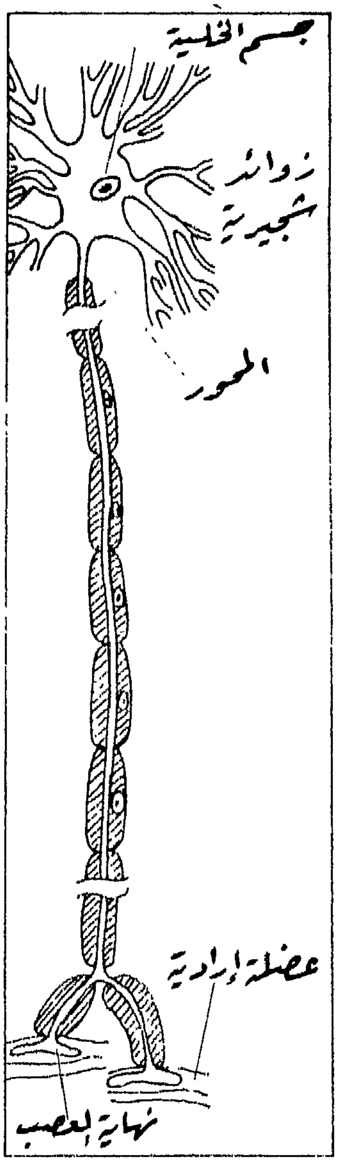
لتشكل شبكة مستحيلة التصور ، والتي تسرى خلالها نبضات الاخبار طولا وعرضاً دون توقف أو انقطاع .

وفي أيامنا هذه يحاول الباحثون من اختصاصات مختلفة — منهم علماء التشريح،وعلماء الاحياء ، وعلماء النفس ، والاعصاب ، والكيميائيون الحيويون والفيزيائيون ، والرياضيون ، وعلماء السلوك واختصاصيو الحاسبات الالكترونية — التصدي للاجابة على التساؤل : كيف يؤدي المخ وظيفته ؟ ولحسن الحظ فقد ولدت علوم كثيرة تدرس أعقد الاعضاء الحية على الاطلاق في عالمنا الذي نعيش فيه ، وهي تساعدنا على فهم هذا الجهاز العجيب .

ضمن الفعاليات الفكرية والروحية للانسان فانه يقوم باستقبال المعلومات ، وتخزينها ومعالجتهــا واخراجها . وهنــا تلعب حواس الانســان دور العــدد اليدوية وجملته العصبية دور ناقل الأوامر ، ودماغه — بما في ذلك ذاكرته — دور مركز القيادة .

ونبادر فوراً إلى القول ان التشبيه الاخير ميكانيكي وظاهري فقط ، إذ يمكننا تشبيه الانسان بالاوتومات من وجهة النظر السيبرنتيكية . واذا كان الانسان ذا خواص وراثية ، فان الاوتومات ذو بنية انشائية ، واذا كان الانسان يتلقى التربية والتعليم والتوجيه في طفولته ، ففي الاوتومات يتم تخزين البرامج . واذا كان الانسان يتصل ببيئته الخارجية ويستقبل المعلومات منها ، فان ذلك مشابه لتزويد الحاسب الالكتروني بالمعلومات العصرية .

إن الميزة الأساسية للجهاز العصبي انه ينقل المعلومات بوسائل كهربائية.يتكون النسيج العصبي في معظمه من خلايا غير منتظمة الشكل



خلية عصبية (النيورون)

من نوع خاص لاتوجد في الانسجة الاخرى للجسم . وتتكون الخلية العصبيـــة مـــن « جسم » له زوائد تعـــرف باسم « الزوائد الشجيرية Denderites » وتستطيل احدى هذه الزوائد لتكون مايعرف باسم « المحور العصبيAxon» أو الليفة العصبية . وبينما يكون لكل الخلايا العصبية شكل عام واحد ، فانها تختلف فيما بينها اختلافاً كبيراً في تفاصيل تركيبها وأبعادها .

وتصنف الخلايا العصبية حسب وظائفها إلى ثلاثة أنواع عامة هي :

١ ــ الخلايا الحسية أو المستقبلة .

٢ ــ الخلايا الحركية أو الصادرة .

٣ ــ الخلايا المتوسطة .

ويمكن النظر إلى هذه الانواع على انها ، على الترتيب :

١ ــ عناصر دخل .

٢ ــ عناصر خرج .

٣ ــ كل شيء بين هذين النوعين .

ويوجد في جسم الانسان نحو /١٠/ آلاف مليون خلية عصبية من الانواع الثلاثة . ولكن أكثر من ٩٠٪ منها (بما في ذلك معظم خلايا الدماغ نفسه) من النوع المتوسط .

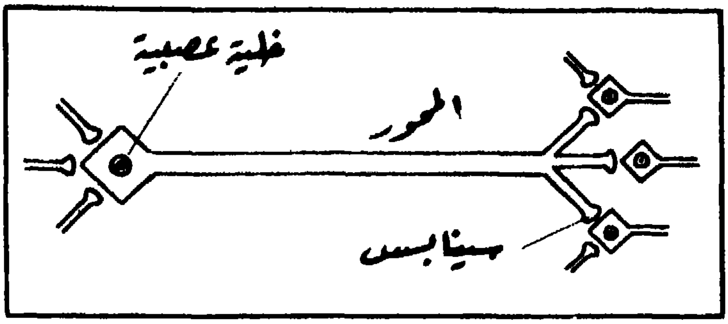
وتقوم الاجزاء المختلفة من الخلية العصبية بمهام مختلفة . فالنبضة العصبية تتولد في جسم الخلية ، والمحور العصبي هو الذي يقوم بتوصيلها إلى مكان آخر يكون عادة خلية عصبية أخرى . وعندما يصل محور

الخلية إلى حيث ينتهي ، فانه يتفرع إلى فروع اصغر تلامس « نهايات الدخل » لخلايا عصبية أخرى وتتكون نهايات الدخل للخلية العصبية من الزوائد الشجيرية وجسم الخلية . ويتضح من المشاهدات الميكروسكوبية ان فروع المحور العصبي لخلية معينـــة تنتهي عادة على هذه الاجزاء من الخلية المستقبلة لا على محور عصبي آخر. وكل وصلة بين ليفة عصبية (محور عصبي) وزائدة شجيريـــة أو جسم الخلية التـــالية تسمى « سينابس Synpase » .

تختلف سرعة انتشار النبضات في جسم الانسان من /٢/ ميل إلى /٢٠٠/ ميل في الساعة تقريباً وذلك حسب سمك المحور وخواصه الكيميائية والكهربائية وكذلك خواص السائل المحيط به .

إذا نظرنا إلى الخلية العصبية نجدها مشبعة بالعقد النهائية (السينابسات) وتقوم العقد النهائية هذه بنقل نبضات مهيجة أو كابحة إلى الخلية العصبية المجاورة بواسطة عمليات كيميائية . واذا حدث ان استقبلت نماذج من التهييجات المشابهة لنموذج مخزون مسبقاً، عندها نلاحظ رد فعل قوي جداً . واذا كانت الظروف مناسبة فان ذلك سيؤدي أيضاً إلى تنشيط النموذج المخزن ، أي إلى التذكر .

ان تشبيه عمل المخ والخلايا العصبية بالدارات الكهربائية يساعد كثيراً على تفسير التهييج الآني قصير المدى . لكن عمل الدماغ يشمل نشاطات أكبر من ذلك بكثير وبذلك فان مثل هذه الدارات المبسطة ستكون عاجزة حتماً عن تفسير آثار الحوادث والاشخاص المخزونة في الذاكرة منذ عشرات السنين .



وقد تصدى عدد كبير من الباحثين لتفسير « الذاكرة » وتشير إحدى النظريات إلى أن الذاكرة تعتمد في استمرارها على « التيارات العصبية » الدوارة بدون توقف .

تعتمد نظرية « التدفق » على أن سطح الخلايا العصبية يشترك في عملية « دوران » بينما يقتصر عمل الاجزاء الداخلية للخلية على تقديم كمية الطاقة اللازمة . وفي هذه العملية تشترك العقد النهائية (السينابسات) أيضاً . وهذه تساهم بكثرة في نقل التيارات العصبية . وبذلك يؤدي التهيج في المستقبل إلى المرور عايها أكثر من العقد التي لم تستخدم من قبل.

وكما نعلم اليوم ، فان خلايا الدماغ العصبية تمثل مراكز النشاط الذهني وهي تقوم بتوجيه حركة العضلات والحواس : كذلك تتركز فيه الذاكرة والمقدرة على الربط بين الظواهر .

الحاسب الالكتروني يعجز عن استيعاب كثافة العناصر الموجودة في الدماغ البشري . وعلى العكس ، فان ذاكرة الحاسب منسقة بشكل يجعلنا نعرف موقع تخزين جميع المعلومات ، ويمكن اخراجها باستخدام الرمز المناسب لكل منها . وهذا يجعله جملة موثوقة يمكن الاعتماد عليها في حل المسائل بسرعة هائلة ودقة كبيرة طالما كان الأمر يتعلق بمسائل محدودة ذات طابع واضح لالبس فيه ولا غموض .

الفصل السابع

ماهو السبرنتيك إذن !!

استطاع الانسان أن يواصل مسيرته — عقب الثورة الصناعية الأولى بحثاً عن الرفاهية وتقصياً للراحة وأساليبها ، فتقدمت الآلة وعمت استخداماتها شتى جوانب حياة الانسان . واكتشفت الطاقات المختلفة . فكانت طاقة البخار هي الأولى ، وأعقبتها طاقة الوقود السائل ثم اطلقت الكهرباء شرارتها التي مالبثت أن غطت احتياجات الانسان . ثم كان التفجير الذري بداية عهد جديد ومجيد لاستحداث الطاقة .

إلا أن الانسان ظل محتاجاً إلى « تشغيل » ذهنه متفكراً وراء الآلة على الرغم من راحة عضلاته . ولكن الذهن الانساني في حاجة هو الآخر للراحة . وقد كان العلم رهن طلب الانسان وطوع ارادته . فظهرت الآلات الحاسبة واذا بالتحكم الاوتوماتيكي (الذاتي) يأخذ دوره في المصانع شيئاً فشيئاً ، ثم استيقظ الناس مبهورين على وقع خطوات « الانسان الآلي » ، وكانت الثورة الصناعية الثانية .

واستمرت التساؤلات بعد ذلك تتوالى :

هل يمكن للآلة أن تحل محل الانسان ؟

هل يمكن لها أن تفكر وتدبر ؟ أن تعالج وتكتب ؟

مفهوم السيبرنتيك :

يعد السيبرنتيك من أحدث العلوم الهندسية كما يعد في الوقت ذاته من أحدث العلوم البيولوجية . وقد وصف هذا العلم بأنه «العلم الذي يشرح فيه الفيزيولوجيون للمهندسين كيف يبنون الآلات ، ويشرح فيه المهندسون للفيزيولوجيون كيف تسير الحياة » .

ويعرف السيبرنتيك أيضاً بأنه «العلم الذي يدرس النظريات العامة للتحكم في النظم المختلفة سواء كانت بيولوجية أو تكنولوجية » .

عرف فينر وزملاؤه السيبرنتيك بأنه « علم التحكم والمعلومات والاتصال في الحيوان والآلة » . وقد ثارت اعتراضات على تعريف فينر لأنه وضع قيوداً على الموضوع الحقيقي لهذا العلم وفيما يلي بعض الأمثلة :

١ من جهة الاشياء التي تتكون منها النظم موضوع الدراسة : لايشمل التعريف الموضوعات الاقتصادية والاجتماعية التي يظهر فيها أثر الاتصال والتحكم بشكل واضح تماماً ، كذلك لايأخذ التعريف في الاعتبار النظم المجردة مثل النظم الرياضية ، والنظم اللغوية التي تنطبق عليها قوانين السيبرنتيك .

٢ -- من جهة النظر إلى النظم موضوع الدراسة : لايأخذ التعريف في الاعتبار الا اثنتين من العمليات المتعلقة بالمعلومات وهما عمليتا الاتصال والتحكم . على انه يوجد عدد آخر من العمليات منها تخزين المعلومات ومعالجة المعلومات وغيرها . وكل هذه العمليات ترتبط

ارتباطاً وثيقاً بالسيبرنتيك ولايمكن ادخالها في أي فرع آخر من فروع العلم .

وقد أدى اتساع ميدان السيبرنتيك عما رآه بعضهم في تعريف فينر إلى قيام محاولات عديدة لوضع تعريف أكثر شمولاً للعلم الجديد . وهكذا ظهرت نتيجة لذلك تعاريف أخرى أطول وأكثر تعقيداً من تعريف فينر .

ننظر في موسوعة برو كهاوس الالمانية (١٩٧٠) فنجد التعريف التالي :

« السيبرنتيك هو علم يربط العديد من المجالات العلمية شديدة التباين ، يستقصي القوانين والملامح المشتركة لكل من التحكم ونقل المعلومات ومعالجتها في كل من الآلات والكائنات الحية . لايتميز السيبرنتيك بمشروع البحث فقط ، بل كذلك بطريقة طرح المسألة وطريقة المعالجة الرياضية . جملة مفاهيمه تجريدية أي أنها غير متعلقة بالاجسام المدروسة المحددة » .

أما الفيزيائي هربرت انشوتس فهو يتصدى لعملية التعريف بحذر شديد . فهو يستعرض أولاً مالايعتبر سيبرنتيكاً « : السيبرنتيك ليس تطبيق الرياضيات على هذا العلم أو ذاك . فمعظم العلوم التطبيقية تستخدم الاساليب الرياضية دون أن تكون سيبرنتيكا وهو ليس كذلك نوعاً من « دارة التحكم العامة » . صحيح أن جميع دارات التحكم تنضوي تحت السيبرنتيك إلا أنه من الخطأ القول أن أياً من مجالات السيبرنتيك هو دارة تحكم » .

بعدها يحاول انشوتس تلخيص الأسس النظرية التي ثبتت تبعيتها للسيبرنتيك ليقدم التعريف التالي :

« المقررات المتخصصة للسيبرنتيك الرياضي هي نظرية المعلومات ، نظرية التحكم ، نظرية الاوتومات . والمقررات الثلاثة تستخدم مجالات رياضية أخرى مثل نظرية الاحتمالات ، المنطق الرياضي ، نظرية الاعداد ، نظرية اللعب وغيرها » .

ويقول بولانجيه رئيس الاتحاد الدولي للسيبرنتيك : من الغريب أنه كلما زاد كلام الناس عن كلمة السيبرنتيك كلما ظهروا أقل اتفاقاً على تعريفها . فبالنسبة للبعض تعني الكلمة اما نظرية رياضية معقدة أو مجرد تقنية الاتمتة . وبالنسبة للبعض الآخر تستجلب الكلمة الكمبيوترات الجبارة أو نظرية عمليات الاتصال وتعتبر مدرسة أخرى للتفكير. أن السيبرنتيك وسيلة لدراسة التشابهات التي قد توجد بين الآلات والكائنات الحية ، كما أن مدرسة أخرى تعتبرها عقيدة فلسفية لاكتشاف السر النهائي للحياة. أما باللنسبة لعامة الجمهور « فان السيبرنتيك بكل بساطة هو محاولة لتصور عالم الغد الخيالي الذي يقوده الانسان الآلي Robot والآلات الحاسبة الالكترونية » .

بالفعل ، لعل أفضل تعريف للسيبرنتيك هو « انه علم الانسان الآلي » لأن ذلك هو فرع العلم والمعرفة ، الذي يسمح لنا ببناء الآلات شبيهة بالانسان ذات منعكسات شرطية ، آلات يمكنها أن تتعلم ، آلات يمكنها أن تتصرف حسب تغيرات الوسط المحيط ، آلات يمكنها أن تقلد الحياة . . . قد يبدو هذا التعريف مدهشاً ومثيراً . . . أليست هذه الآلات عبارة عن أجهزة اوتوماتيكية ؟ أليست هذه الآلات ذات طبيعة سلبية

بالمقارنة مع تصرف المخلوقات الحية الاختياري والايجابي ؟أو ليست الحياة شيئاً لايخضع للأتمته ؟

للاجابة عن هذه التساؤلات نقول :

لقد اعتقد الانسان طويلاً أن الفرق الرئيسي بين المخلوقات الحية والمادة الجامدة يتلخص في أن تصرف المادة الحية هادف بينما تصرف المادة الجامدة غير هادف . والفرق بين العمل الهادف وغير الهادف يتوضح من المثال التالي :

لنلاحظ صخرة كبيرة تتدحرج على سفح جبل وحيواناً مفترساً يفتش عن فريسته . فالأولى تتدحرج طبقاً لقوانين فيزيائية ثابتة ومعروفة بينما ينطلق الحيوان بهدف معين يتحرك ويلف ويبطيء ويسرع ، تقوده في ذلك حواسه المختلفة بعد معالجتها في دماغه إلى أن يصل إلى هدفه . أن حركته لاتتبع قوانين ثابتة ولكنها تقاد بالهدف المحدد مسبقاً . ان الصخرة تقوم بعمل ما وكذلك الحيوان ، ولكن الفرق بينهما ان الأول غير هادف والثاني هادف ، علماً أن الحيوان يحقق هدفه على الرغم من المعوقات التي تقف في طريقه وذلك بفضل حرية التصرف والاستقلال اللذين يتمتع بهما ، وهذه كلها غير متوفرة في الصخرة الساقطة من قمة الجبل .

من الواضح أن الاعتقاد والذي كان سائداً عند الانسان لقرون طويلة قد أصبح قديماً وبالياً . فقد نجح المهندسون في بناء آلات ذات تصرف هادف تقوم بمتابعة أهدافها بشكل دقيق.وكمثال عليها نورد الطباخ الكهربائي ، والمكواة ذات الترموستات ، الطيران الآلي (الطائرات بدون طيار) ، القذائف الموجهة عن بعد وكثير غيرها .

لعل الفضل الاكبر لعالم الرياضيات الكبير نوربرت فينر يكمن في أنه اكتشف العلاقة بين التصرف الهادف لكل من الحيوان والآلة وكان أول من قرر بوضوح أننا إذا عمدنا إلى ملاحظة أمثلة للتصرف الهادف في الطبيعة (أي التصرف الذي سعى لتحقيق هدف موضوع مسبقاً) وإننا إذا استطعنا بناء آلات يمكنها أن تتصرف بنفس الطريقة ، فان المبادىء الأساسية لكليهما ستكون متماثلة.وفي كلتا الحالتين نتعامل مع النتيجة التي تؤثر على السبب الذي أدى إلى حدوثها أي مع التغذية العكسية.

وهنا توصل فينر إلى اكتشاف السيبرنتيك : ان جميع أشكال السلوك الهادف في المادة الحية أو غير الحية يجب أن تدرس في الاطار ذاته وبذلك فقد أصبح الجسم الحي مادة لأدق أنواع الدراسة والبحث باعتباره نظام تحكم من الدرجة العليا .

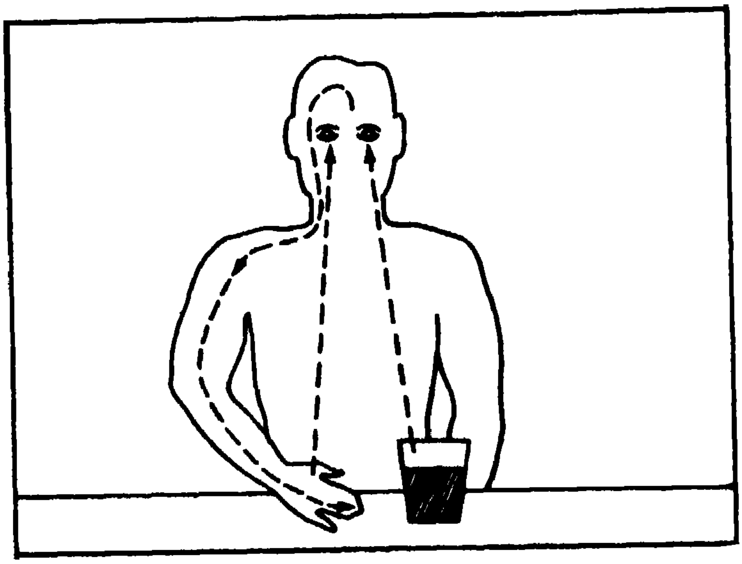
بمرور الزمن تزايد عدد الوظائف الحيوية التي يكتشفها الانسان ويقلدها في الآلة المبتكرة فقد توصل الانسان إلى تقليد الاحياء في وظائف القيادة والتحكم ونقل المعلومات وربما يتمكن في الغد من تقليد الوراثة والسلوك الذكي .

نرى مما تقدم أن السيبرنتيك ليس سوى علم صنع الآلة التي تحاكي الكائن الحي وعلم كيفية نقل المعلومات بين اعضائه الفكرية والحسية . وتقليدهـا في الآلات التي تقوم بوظائف هـذه الاعضاء الفكرية والحسية . ومنه فان السيبرنتيك يعتمد وبشكل رئيسي على نظرية الاعلام ونقل المعلومات وهو ليس واسطة التعميم للنظريات التي تصبح في اعضاء الآلات على سلوك الكائنات الحية وخاصة الانسان وعلى مجتمعات الكائنات الحية وخاصة البشرية .

كما هو معروف ، يمر تصرف الانسان بالمراحل التالية :

تتلقى اعضاء الحس تأثيرات الوسط الخارجي التي تنتقل إلى الدماغ بواسطة الاعصاب وهناك تتم معالجة المعلومات الواردة ثم يصدر الأمر من الدماغ وينتقل بواسطة الاعصاب إلى اعضاء الجسم لتقوم برد الفعل المناسب .

وعلى سبيل المثال نشير إلى الشكل أدناه ، وهو يمثل شخصاً يريد تناول كأس موضوع أمامه . ترى العين الكأس وتحدد المسافة التي تفصله عن اليد وتعلم المخ بذلك ومن هناك يتم تنظيم العضلات .



يمد الرجل يده لتناول الكأس ، فتقل المسافة بين اليد والكأس تدريجياً وفي كل لحظة يأخذ المخ علماً بالمسافة المتبقية (عن طريق العين) فيوجه اليد من جديد وتتكرر العملية مرات ومرات في كل لحظة زمنية إلى أن تنعدم المسافة بين اليد والكأس فيصدر الأمر في المخ إلى اليد كي تمسك الكأس .

وهكذا نرى أن أي نظام سيبرنتيكي يحتوي على أنظمة لاستقبال المعلومات القادمة وتفهمها (بمعنى أن يكون النظام المستقبل قادراً على حل شفرة المسائل القادمة) . وبعد تفهم المعلومات المرسلة ووضعها في المكان المناسب ، يتم ربطها بالمعلومات السابقة الموجودة في النظم السيبرنتيكية الأخرى ، حتى يمكن احداث رد الفعل المناسب والمطلوب بناء على الاشارة المرسلة أساساً .

وهنا لابد أن يُسأل : ولكن كيف يمكن للآلة أن تتعامل مع العالم الخارجي أو بكلمات أخرى هل ترى الآلة ؟ هل تسمع ؟ هل تحس ؟ والجواب : نعم ، ولأجل ذلك نستعمل بعض الخواص المعروفة في الطبيعة . فالجمادات تتمدد بالحرارة أي أنها تتحسس بالحرارة ، وكذلك فان النواقل تتحسس بالتيار الكهربائي ، ويتحسس رق الطبل بالصوت ، والخلية الكهرضوئية بالضوء ، والرادار بالاشارات اللاسلكية .

ويُسأل أيضاً : كيف تستطيع الآلة أن تنفذ رد الفعل المطلوب وهي لاتملك أيدٍ ولا أرجلاً ؟ ان ذراع الرافعة او منظم واط الميكانيكي أو صفيحة الحاكمة الحرارية أو المحركات الكهربائية تقوم بوظيفة اليدين لدى الانسان ، اما وظيفة القدمين فتقوم بها الدواليب التي تركب عليها الآلة .

من الأمثلة البسيطة على طريقة التحكم السيبرنتيكية نذكر قيادة السفينة . يعطي الربان الأمر بالاقلاع باتجاه هدف ما . يدرس قائد السفينة هذا الأمر ويضع برنامجاً للعمل مستعيناً بالمعلومات المتوفرة لديه عن السفينة وعن أصول قيادتها وعن الريح وعن طبيعة البحر . وبعد معالجة هذه المعلومات في ذهنه يعطي الايعاز إلى مدير الدفة فينفذ هذا الاخير

الأمر وتتجه السفينة بالاتجاه الذي رآه قائد السفينة مناسباً للوصول إلى الهدف المحدد مسبقاً . ويبقى القائد على علم مستمر بحركة السفينة وبوضعها ، وكلما رآها تنحرف عن المسار الذي حدده لها ، صحح الأمر الذي أعطاه إلى مدير الدفة وهكذا يتتابع العمل حتى يصل بالسفينة إلى مقصدها .

في هذا المثال ، نقول أن قائد السفينة يفكر بطريقة سيبرنتيكية في تحقيق الهدف المطلوب .

ومثال آخر : في رمي المدفعية المضادة للطائرات بواسطة الرادار والاجهزة الحاسبة الموجهة للمدافع ، يحدد الرادار موضع الطائرة واحداثياتها ،ويرسل هذه المعلومات إلى جهاز الحاسب الذي يقوم بحساب سرعة الطائرة واتجاهها ويسجل لديه وضع الطائرة في كل لحظة . تخزن في داخل الحاسب معلومات عن اتجاه المدافع الحالي وعن المعطيات الباليستيكية لقذيفة المدفع وعن سرعة الريح واتجاهه ودرجات حرارة الوسط المحيط بالطائرة ، فيعالج الحاسب هذه المعلومات كافة ويوجه المدافع باتجاه نقطة التقاء القذائف بالطائرة فيما إذا أطلقت هذه القذائف . وهذه المعالجة تتم بشكل مستمر ولكل وضع من أوضاع الطائرة الموجودة في الجو . في هذا المثال يعتبر الحاسب عضوا سيبرنتيكياً .

نلاحظ من المثالين المذكورين أن العضو السيبرنتيكي يلعب الدور الأساسي في توجيه الفعل للوصول إلى الهدف سواء كان ذلك فكرياً (كما في مثال السفينة) أو آلياً (كما في مثال المدفعية المضادة للطائرات) .

نلاحظ أيضاً أن المعلومات التي هي مادة عمل الاعضاء السيبرنتيكية تؤثر تأثيراً أساسياً في فعالية عملية التحكم للوصل إلى الهدف . ولذلك

فان معالجة المعلومات وأجهزة معالجة المعلومات هي من الأدوات الأساسية للسيبر نتيك .

ان السيبرنتيك يدرس الخصائص المشتركة المميزة لمختلف نظم التحكم وهذه الخصائص ليست مرتبطة بأساسها المادي ، اذ يمكن أن تظهر في الطبيعة الحية وفي العالم العضوي وفي مجموعات البشر . ويبدو الطابع المميز لهذه الخصائص في اشياء كثيرة ، وفي الدرجة الأولى في بنية نظم التحكم ، فمادة التحكم (سواء كانت آلة أو خطاً اوتوماتيكياً للانتاج أو مؤسسة أو تشكيلاً عسكرياً ، أو خلية حية تركب الزلال ، أو عضلة ، أو نصاً معداً للترجمة) وجهاز التحكم (المخ والنسيج العصبي في الجسم الحي أو جهاز التحكم الاوتوماتيكي) يتبادلان المعلومات فيما بينهما .

وفي كل مجال نجد أن تنفيذ عملية التحكم مرتبط بنقل المعلومات المتعلقة بمادة التحكم وبتجميعها ومعالجتها وكذلك بمسار العملية والظروف الخارجية وبرنامج العمل . . . الخ . والشيء المميز لكل هذه الأنظمة المختلفة — الحية والاصطناعية — هو وجود تغذية عكسية تحمل المعلومات عن فعالية الفعل التحكمي .

وينبغي على الفور أن نؤكد أن السيبر نتيك يسعى إلى التقريب بين نظامين للتحكم . فهو يدرس طريقة تفكير الانسان كي يصنع الغورتيمات تستطيع أن تصف بصورة مقربة إلى حد ما نشاط جهاز التحكم الحي (المخ) . وفي الوقت نفسه يدرس السيبرنتيك مبادىء بناء الاجهزة الاوتوماتيكية بغية تحديد امكانية مكننة العمل الذهني للانسان بواسطة هذه الأجهزة .

وبذلك يمـد السيبرنتياك المهندسين الذين يصنعون الأجهزة الاوتوماتيكية بخبرة الطبيعة ، ويساعد علماء الفيزيولوجيا والنفس في دراسة جسم الانسان واكتشاف القوانين التي يعمل عـلى اساسها نظام التحكم الحي .

من أولى آلات القيادة الذاتية التي اخترعت تطبيقاً للسيبرنتيك هي نظام المدفعية المضادة للطائرات . وقد تتابعت الدراسات بهذا الاتجاه بعد الحرب العالمية الثانية وتطورت الأسلحة بسرعة فائقة فظهرت الصواريخ الموجهة تلقائياً ، كما ظهرت الصواريخ عابرة القارات ذات التوجيه الذاتي وظهرت الطائرات المسيرة ذاتياً إلى آخر ماهنالك من أسلحة اوتوماتيكية ذاتية كثيرة .

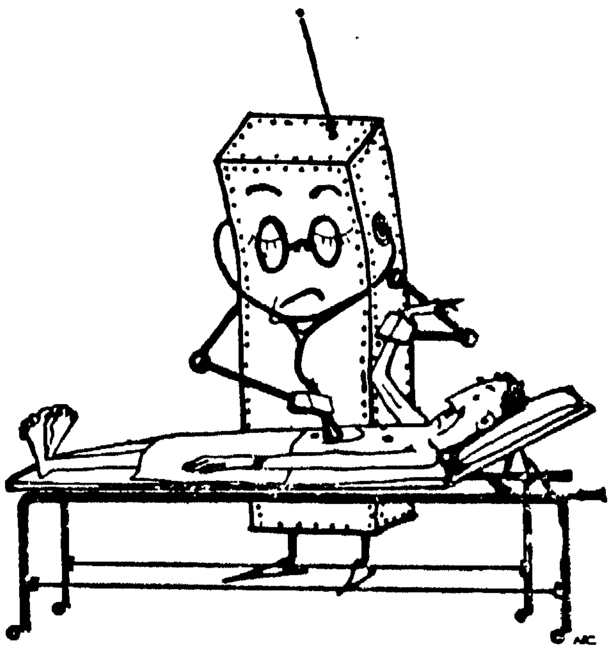
وفي المجال المدني ظهرت أيضاً القيادة الآلية : تسيير القطارات بدون سائق ، مكننة وسائل الانتاج والنقل والتموين والتخزين في المصانع ، مكننة الاحصاء ، تنظيم الاقتصاد في الدولة ، اتمتة المصانع كلياً . . . وأخيراً توجيه السفن الفضائية مما أدى إلى الوصول إلى القمر :

بما أن السيبرنتيك يدرس الكائنات الحية للوصول إلى الآلة التي تستطيع أن تحل محل الانسان ، لذلك فان المنهج السيبرنتيكي يسمح بصنع نماذج فيزيائية تمثل بعض الوظائف العقلية التي تبين بالتحليل انها وظائف آلية يمكن مكننتها . وهكذا يعرف الأستاذ الفرنسي اوريل دافيد السيبرنتيك بأنه « اختراع الآلة القادرة على أن تقوم بعمل الفكر الذي أصبح قابلاً للمكننة » .

فيما يلي سنقدم مجموعة من تطبيقات السيبرنتيك وهي جميعها تجسد هذا التعريف الاخير وتتركز هذه التطبيقات على الآلات السيبرنتيكية التي تفكر كالانسان ، وتقرر وتتصرف حسب مقتضيات الأمور .

الطبيب الالكتروني :

ترى كيف يشخصُ الطبيب الأمراض المختلفة ؟ وكيف يعرفها ؟ ومعرفة المرض أول الطريق نحو العلاج .



يحتفظ الطبيب في ذاكرته بأعراض الأمراض المختلفة ويبدأ في مقارنتها بالاعراض التي يحصل عليها من الفحص والتحليل . ففي أمراض القلب مثلاً ، إذا كان هناك /٩٠/ مرضاً من أمراضه ، فيمكن بالربط بين بعضها بعضاً ـ بطرق متنوعة ـ ترتيب قائمة تحوي /١٥٦/ عرضاً ولاتعدو المسألة بعد ذلك أن تكون مجرد اجراء مطابقة بعد عمل بعض التوافيق والتباديل :

وبالنسبة للطبيب الالكتروني فبامكاننا تبسيط مهمته بأن نرسم له

هيكلاً رياضياً يستوعب الأعراض المختلفة كلها . ان الآلة الحاسبة لاتستغرق سوى دقيقتين فقط في تشخيص المرض – ولايستطيع أي نسان قطعاً أن يقوم بحسابات بهذه الدقة ويتعرف على المرض تماماً في ضعاف أضعاف ذلك الوقت .

الآلات الذكية :

ان وجود ذاكرة تقوم باختزان مايجمعه المرء من معلومات خلال تطوره واتصاله بالعالم الخارجي هو شرط لاجدال فيه من شروط نشاطه الذهني ، ويمكن أن تسمى كل المعرفة المختزنة في ذاكرة انسان ما «معلومات» بالمعنى الواسع للكلمة . والمعلومات هي وقود عملية التفكير ، ويرتكز النشاط الذهني للانسان على تشغيل هذه المعلومات .

ان التفكير من خصائص المخ البشري وحده ، والصيغ والقوانين التي يتم بها الربط بين الافكار بعضها مع بعض في استدلال عقلي تكون مجالاً خاصاً من مجالات العلم يعرف بالمنطق ، وبهذا المعنى يمكن أن تسمى عملية تشغيل المعلومات بواسطة المخ البشري عملية منطقية . وتتكون عمليةتشغيل المعلومات واستنباط النتائج المبنية عليها من عمليات مقارنة وتحليل وتركيب ، أي انها تتضمن عدداً من العمليات المنطقية تجري على المفاهيم والاحكام .

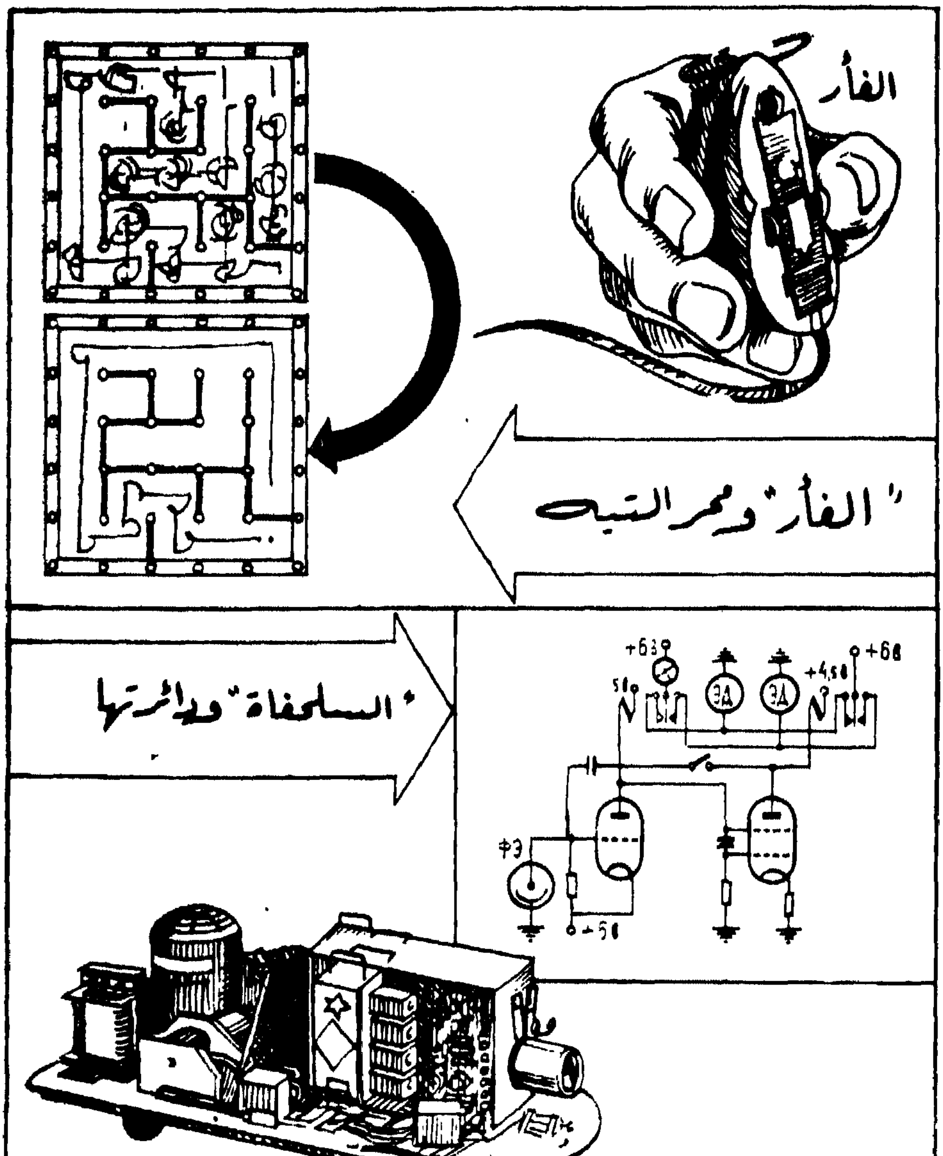
ان مكننة بعض عمليات النشاط الذهني تعني أن تقوم الآلات بتجميع مثل هذه المعلومات وتخزينها وتشغيلها طبقاً لبرنامج منطقي يقوم الانسان باعداده – نسمي هذه الآلات ، بآلات الاعلام المنطقي وهي تعتمد في عملها على أساس المنطق الرياضي ونظرية الالغوريتم التي تحدد التتابع الطبيعي لاجراء هذه أو تلك من المهام الذهنية .

ويجدر بنا القول أن تقليد وظائف الدماغ وتفسيرها هي التي اجريت عليها الدراسة في الايام الأولى للسيبرنتيك من قبل الانجليزيين غراي وولتر وروس اشبي .

لقد قام العالم الانجليزي غراي وولتر بصنع السلاحف الالكترونية للبرهان على أنه بوضع عدة آليات بسيطة يمكننا ، باستعمال نظم دقيقة من التغذية العكسية ، ان نحصل بالضبط على الخصائص الرئيسية للتصرف المعقد الذي نراه في المخلوقات الحية ، ولقد ساد الاعتقاد سابقاً أن مثل هذا التصرف لايمكن الحصول عليه في الآلات ولذلك فان هذه التجارب تمثل أهمية خاصة لانها هدمت الاعتقاد السائد بالاضافة إلى طابع النكتة المقترن بها اذ أن غراي وولتر أعطى آلاته شكلاً منزلياًمألوفاً هو السلحفاة، والهدف من صنعها هو خلق نموذج رمزي غير حي لاحدى الخصائص الأساسية للمخلوق الحي ، ألا وهي القدرة على تحقيق تبادل الطاقة مع الوسط الخارجي وتغيير هذا التبادل طبقاً للتغيرات الجارية في العالم الخارجي .

تتألف السلحفاة الالكترونية من عربة صغيرة ذات عجلات تدار بواسطة محركين كهربائيين صغيرين . يقوم أحد المحركين بادارة العجلات وبذلك تتحرك العربة ، بينما يقوم المحرك الآخر بقيادة العربة وتوجيهها . بالاضافة إلى ذلك توجد في العربة حجيرات أو خلايا كهرضوئية كما يوجد فيها عدد من الزواجل Relays وبعض العناصر الالكترونية الاخرى .

تتجه السلحفاة في حركتها نحو النور (كما تتجه السلحفاة الطبيعية باتجاه الغذاء) بواسطة الخليـــة الكهرضوئية واذا اصطدمت بحاجز



تساعد « حديقة الحيوان » الالكترونية على استكشاف مناهج دراسة الاجسام بواسطة النماذج .

ابتعدت عنه وتلافته واذا كان النور شديداً ابتعدت عنه أيضاً . وعندما تفرغ البطارية الكهربائية الموجودة فان السلحفاة تتجه آلياً نحو مصدر النور الشديد لتأخذ « غذاءها » من جديد ، وعندما تشحن البطارية فانها تبتعد عن النور وذلك كي لايتلف الشحن الزائد البطارية .

لعله من المثير والمدهش مراقبة عمل هذه الآلات . . . اذ سيرى الانسان كيف تقوم السلحفاة باكتشاف كل سنتيمتر من المساحة المحيطة بها وكيف تتغلب على العراقيل الموضوعة امامها وكيف تقاتل بشراسة للوصول إلى مناطق التغذية بالتيار الكهربائي اللازم لها للاستمرار بالحركة . والامر الجوهري هنا هو أن مثل هذا النظام لايحتاج إلى ادارته من الخارج ، بل تنبع جميع العمليات فيه من حالته الداخلية فقط .

أما منافسات « السلاحف » فهي بلا شك « الفئران » التي صنعها العالم الامريكي كلود شينون .

أمامنا متاهة معدنية من الالمنيوم بها /٢٥/ حوضاً مربعاً ، كل /٥/ أحواض في صف ، وفي مربع الطعم « قطعة من الشحم » على هيئة قضيب معدني . ويبدأ تشغيل النموذج ، فيجري « الفـــأر » في المتاهة بحثاً عن « قطعة الشحم » . في البداية يتوه « الفأر » في السراديب ، ويدخل إلى مربع مغلق فيصطدم بالحواجز ، وعندئذ يغير اتجاهه مقترباً على الدوام من « قطعة الشحم » التي لن يستطيع بالطبع أن يذوقها أو يتمتع بها . وأخيراً يدخل « الفأر » مربع الطعم ، ويتحقق الهدف .

ثم يطلق « الفأر » مرة أخرى في المتاهة . ولكنه في هذه المرة لايتوه ولايصطدم بالجدران ، بل يجري بانطلاق وخفة ، وبشكل أفضل من

القأر الحي ، ويصل عبر أقصر طريق إلى الطرف الآخر من المتاهة حيث الطعم .

وعندما يوضع الفأر في قسم من المتاهة لم يكن فيه من قبل ، تبدأ من جديد عملية اكتشاف الطريق والاصطدام بالجدران . ولكن ما ان يعثر على الطريق القديم « المعروف لديه » حتى يجري دون عقبات إلى الهدف .

وهناك نظام تحكم يقوم بتوجيه حركة « الفأر » مؤمناً له الانعطافات المرسومة.وعن طريق « شواربه » يلمس جدران المتاهة ويعلم في جهاز الحفظ تلك الدهاليز التي مر بها مرة واحدة ويرتسم في ذاكرته خط منقط يستطيع الفأر عن طريقه في المرة التالية أن يجد طريقه بثقة إلى قطعة الشحم عبر دهاليز المتاهة . وعندما تلامس « شواربه » قطعة الشحم توقف كل الاجهزة الاوتوماتيكية .

وهناك «حيوان » آخر في هذه المجموعة غير العادية . انه السنجاب الالكتروني وهو موضوع فوق عربة متحركة ومجهز بخليتين كهرضوئيتين حساستين ، ومرشح كهربائي وبغيرها من الاجهزة .

وللسنجاب يدان ، عندما تتحركان فانهما تشكلان فنجاناً بداخله لسان ، ويجر السنجاب خلفه ذيلاً معدنياً .

يتألف بيت السنجاب من غرفة كبيرة يوضع على أرضها كرات بيض صغيرة مبعثرة وفي ركن الغرفة لوح معدني مضاء بالفلوريسانت . عندما يوضع السنجاب على الأرض يبدأ بالتجوال في الغرفة حتى تقع عيناه على كرة بيضاء ، أي تقع الكرة البيضاء في مجال رؤية الخلية الكهرضوئية . عندئذ يتجه السنجاب نحوها فاتحاً ذراعيه ثم يقف ويضم

ذراعيه ويجذب بهما الكرة ويتذوقها بلسانه ، ثم يبدأ البحث عن بيته . ويساعده المرشح الكهربائي في الاتجاه نحو مصباح الفلوريسانت .

وما أن يصل السنجاب إلى اللوح المعدني ويمسه بذيله حتى تغلق الملامسات فيتحرك ذراعاه مبتعدين وتسقط الكرة على اللوح « البيت » ويصبح السنجاب الآن حراً ، فيتوجه للبحث عن الكرات من جديد .

والحقيقة أن السلاحف والفئران والسناجب واخوتهم الآخرين لم يتعدوا بعد نطاق النماذج الفجة لتوليد رد الفعل، ولكنها جديرة بالاهتمام، فقد وصل الانسان بواسطتها إلى مرحلة جديدة في دراسة الطبيعة ، الا وهي دراسة الجسم بطريقة النماذج .

ولقد وجدت التجارب على « حديقة الحيوانات الالكترونية » كثيراً من المؤيدين وكل منهم يحاول تزويد كائناته بامكانيات أكبر حتى أن بعضهم نجح في صنع اعضاء حسية .

وفي الوقت الحاضر يبـــدو انه لايوجد مـــا يمنـــع من صنع مخلوقات اصطناعية قادرة على التفاهم مع بعضها بواسطة اللغة أو أية وسيلة أخرى ، ويمكننا أن نتطلع بأمل إلى إمكانية صنع أجهزة حساسة للتوافقيات الصوتية والاشكال والالوان ، وحتى قد نتمكن من انتاج المكافئات الميكانيكية لعمليات النمو والانتاج في الطبيعة . لقد تحول الموضوع إلى مسألة فنية هندسية أكثر منها مسألة مبدأ ، أما في الوقت الحاضر فاننالانستطيع ان نتعدى انشاء وتشكيل العمليات الاحساسية : ففي شروط معينة تقدم الآلات رد فعل مماثل تماماً لاعضاء الحس عند الانسان . وهي غير قادرة على التعلم بالخبرة ، غير قادرة بالفعل على التعلم .

ولكن التعلم هو احد الخصائص الرئيسية للطبيعة الحية ، فبدون المقدرة على التعلم والاختيار والتمييز لم يكن بامكان الطبيعة الحية الاستمرار على وجه الارض.لقد بدا كما لو أن السيبرنتيك قد توقف عن التقدم وان تحليل الحياة والآلة ،الذي يعتبر حجر الأساس للسيبرنتيك، كان حلماً وانه من المستحيل بناء آلة قادرة على التعلم . . . هل أصبحت القدرة على التعلم والتمييز هي المعيار او الاساس الذي يميز الطبيعة الحية أو الحياة خصوصاً بعد أن أصبح من الصعب تعريف الحياة ؟ هل توصلنا أخيراً إلى وضع حد فاصل بين المادة الحية والمادة الجامدة ، بين الحيوان والآلة ؟ لقد بدا في البداية أن الامر هو فعلاً كذلك . ولكن فجأة تدخل في القضية عنصر جديد : لقد تمكن غراي وولتر من مكننة المنعكس الشرطي .

ولكن ماهو معنى ذلك ؟ كلنا يعلم التجارب التي قادها بافلوف . ان الكلب الذي تفرز معدته عند اقتراب وجبة الطعام عندما يقترن ذلك بصوت الجرس سوف تفرز فقط عند سماع صوت الجرس لأن ذلك ارتبط لديه باقتراب الطعام .

كان يبدو في السابق انه من غير الممكن للآلة أن تتصرف بنفس الشكل . والآن فلقد تعلمت حيوانات غراي وولتر الالكترونية ، التي كانت تنجذب بالضوء ، أن تجيب بصفرة عند ظهور الأضواء .

لقد كتب البعض أن هذه تجربة سخيفة ، بينما اعتبر الآخرون غراي وولتر رائداً سباقاً في هذا المجال ، قد لايمكن التشديد كثيراً على أهمية اعمال غراي وولتر إلا أنه لابد من لفت النظر إلى ماقبله وما يجب أن يتبعه بشكل منطقي .

فلأول مرة في تاريخ البشرية ، نجح الانسان في بناء آلة تستطيع أن تتعلم ، وهذه هي نقطة الانطلاق لكل علم السيبرنتيك . ان مكننة عملية التعلم ذات أهمية عظيمة جداً لمستقبل تطور الانسان . ان هذه الناحية حدث هام جداً يوازي اكتشاف الآلة ، عندما اكتشف اجدادنا في المراحل الأولى للتاريخ مبدأ العتلة . عندما نرى المرحلة التي قطعناها في المكننة والسيبرنتيك منذ ذلك الوقت ، نتحقق أنه من غير المجدي محاولة التنبؤ بمستقبل الآلات التي نسميها « بالذكية » .

وهذا ، في الحقيقة ، هو أغرب مافي المسألة ، النقطة الكلية للثورة السيبرنتيكية . حتى الآن عملت الآلات التي بناها الانسان على المستوى المادي . لقد صنعنا آلات يمكنها أن تقوم بالكثير من الأعمال الخارجة عن استطاعة الانسان الجسدية . لقد صنعنا آلات مكنتنا من قهر الفضاء ، والزمن وجعلت المادة والطاقة تعمل لصالحنا . لقد اخترعنا آلات قادرة على الحساب بشكل أسرع من الانسان ، ولها ذاكرة أفضل وأكبر . والذي لم ننجح في صنعه هو انشاء آلات أكثر ذكاء من الانسان ، لأن الادمغة الالكترونية التي اخترعناها هي عبدة لنا وليست أسيادنا ، باختراع الآلات التي تستطيع أن تتعلم ندخل عصر الآليات التي يمكن أن تكون أكثر ذكاء — بكل مافي الكلمة من معنى — من الانسان الذي بناها . قد تكون أهمية أعمال غراي وولتر قليلة لأنها تكشف عن مجال محدد لمقدرة الآلة على التعلم وما يهمنا هي الحقيقة انها تستطيع التعلم .

وعندما ندرس تجارب روس آشبي التي أدت إلى بلوغ الطيران الاوتوماتيكي (بدون طيار) ، ندرك أن عصر الانسان الآلي الموازي للانسان في كافة المجالات ليس بعيداً . ان « طيار » روس آشبي

الاوتوماتيكي قادر على تعديل مسار الطائرة اذا وقع ماليس بالحسبان ، ويمكنه كذلك الصراع ضد مختلف أنواع الطوارىء تماماً كما يفعل الطيار في الحالات المماثلة ، بالاضافة إلى ذلك فهو قادر على استعمال « البداهة » اللازمة لاصلاح آلية معطلة .

وهنا لابد من التساؤل : ألا يقوم الانسان بالتحضير لهزيمته بانتاج آلات قادرة على مبارزته؟ وللاجابة على هذا السؤال نورد المقارنة التالية:

ان الانسان يستجيب بشكل سريع للمعلومات التي يتم التعبير عنها بالكلمات ،وهو يستغرق مابين جزء من الثانية إلى عدة ثوان كي يسترد من ذاكرته المعلومات المطلوبة وكل مايرتبط بها ، الا أنه يحتاج إلى وقت أطول بكثير كي يجري تشغيل هذه المعلومات (عن طريق المقارنة والتحليل والتركيب) .

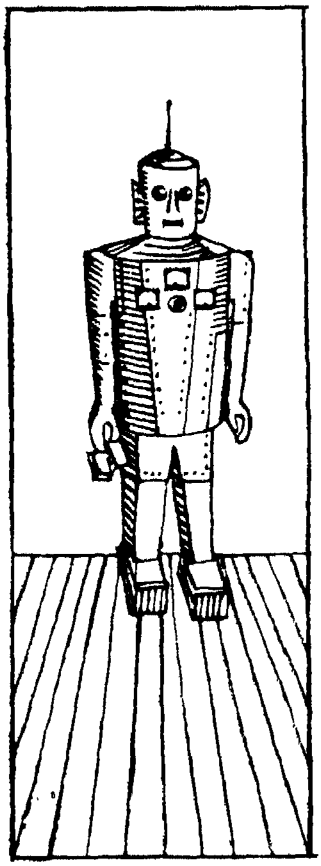
إن المخ البشري أكثر قدرة بشكل لايقاس من أي آلة اعلام منطقية موجودة حالياً ، أو ستوجد في المستقبل ، من حيث المرونة والتنظيم الذاتي والملاءمة مع الظروف الدائمة التغير ، ومن حيث المدى الواسع للمناهج المنطقية . ومع ذلك فعندما يكون من الممكن أن يتم التعبير عن أية مهمة ذهنية خاصة بمعادلات من أي نوع وان يوضع لها الفوريتم . فان الآلة يمكنها حينئذ أن تقوم باسترداد المعلومات وتشغيلها طبقاً للعمليات المنطقية الموضوعة مسبقاً بسرعة أكبر بكثير مما يستطيع مخ الانسان . وفي هذه الحالة فان سرعة استجابة الآلة للمشكلة المعينة سوف تناظر سرعة العمل الذهني الذي يقوم به الانسان بل تتفوق عليها .

فكما تقوم الآلة في حالة مكننة العمل البدني بأداء بعض وظائف عامل ما ، ذي تخصص محدد (مثل السباك والحداد والنجار) تقوم آلة

الإعلام المنطقية بأداء وظائف العاملين الذهنيين ذوي التخصص المحدد (مثل مصنفي المكتبات ، والعاملين في المجال العلمي ، والمهندسين والاطباء ، والمخططين) .

الانسان الآلي (الروبوت) : ROBOT

تأتي كلمة روبوت مــن الكلمة التشيكية القديمة Robotnick ومعناها خادم او عبد . وقد ادخلها في اللغات الحديثة الكاتب التشيكي كاريل كابيك عندما ألف في سنة ١٩٢٢ رواية R.U.R (وهي



الاحـــرف الأولى مـــن Rossum's Universal Robots وفي هـــذه الرواية تقوم الآلات التي يصنع منهـــا « روصوم » اعداداً كبيرة بكل الاعمال في العالم . وفي بادىء الأمر يسير كل شيء على مايرام وتتحقق كل احتياجات ومسرات البشر طالما أن آلات الروبوت ليس لها احساساتها الخاصة بها . وفي يوم من الايام يقرر مدير مصنع الآلات أن ينتج نوعاً أعلى منها يكون لها احساسات الانسان بالسعادة والألم وعندما يحدث ذلك تثور الآلات « الروبوت » على أسيادها الادميين وتحطم كل البشر .

الروبوت هو بالتعريف آلة يمكنها أداء سلسلة من الأفعال حيث يتقرر الفعل التالي بعد كل منها – بدون ابهام – اما حسب نتائج الافعال السابقة أو حسب المعطيات التي يتم استقبالها من المناطق المحيطة (بما في ذلك أية مولدات للتشويش) ، أو حسب الامرين معاً . على أن الفعل التالي قد يتوقف أحياناً على الصدفة أيضاً .

وقد ظهرت في الأونة الاخيرة نوعيات عديدة من الاناس الآليين ولكل منهم خصائصه وميزاته ومعظمها يرى الضوء ويسمع الصوت ويحس بالحرارة ويلاحظ الموانع ويتجنبها بمهارة .

والاناس الالكترونيون الآن يختبرون السيارات والطائرات ويعملون في ورش الانتاج ويهبطون إلى اعماق المحيط ويصعدون إلى الفضاء على متن الصواريخ لاجراء الابحاث الكونية .

وبواسطة الاناس الآليين تجرى محاكاة وظائف وسلوك الاجسام الحية بهدف بناء أفضل التصاميم الهندسية والاجهزة الاوتوماتيكية ومحاكاة العمليات البيولوجية لاختبار مدى صحة فهمنا لها .

لقد أخذ العلماء الآن يوكلون إلى الاناس الآليين مهام علميةجديدة ، وما أكثر المهام التي سيكون عليهم أن يواجهوها في المستقبل .

السيبرنتيك في النقل :

تختص الآلات الحاسبة الالكترونية بانجاز الحسابات بدقة وسرعة كبيرتين . ولكنها في الوقت الحاضر تستعمل على نطاق أوسع في حل المسائل غير الحسابية كالمقارنة والتصنيف . . . وغيرها (انظر الفصل الخامس) ، وكما وتستعمل للتحكم الاوتوماتيكي في عمليات الانتاج وفي التكنيك الحربي وفي مختلف الصناعات .

لندرس ، مثلاً ، الوظائف التي يقوم بها الميكانيكي الذي يقود القطار الكهربائي . فالميكانيكي يعرف جدول الحركة وشكل الطريق ووزن القطار والمواصفات الهندسية للقطار الكهربائي . وهو يلاحظ حالة الطريق واشارات الاجهزة المختلفة ويأخذ بعين الاعتبار الحالة الجوية وكذلك مدى التقيد ببرنامج الحركة ويحدد منه ما إذا كان القطار يسير بتقديم أو بتأخير .

وبناء على هذه المعلومات يقوم بحل مسألة التحكم بحركة القطار باستعمال معارفه التكنيكية وخبرته العملية . . الخ . ولكن حتى الميكانيكي الجيد لايستطيع أن يتوصل دائماً إلى أحسن الحلول للمسألة وانما يكتفي بحلها بشكل تقريبي . أما اذا استعملت معادلة حركة القطار ووضعت فيها كعوامل المعطيات المناسبة (مثل وزن القطار ، شكل الطريق ، السرعة وغيرها) فانه يمكن بحل هذه المعادلة ايجاد الاجابة الدقيقة على السؤال حول الخطة التي يجب عندها زيادة أو تقليل سرعة الحركة وعن القوة التي تحقق الفرملة وهكذا .

أما الميكانيكي فهو لايستطيع القيام بهذه الحسابات حتى ولو خضع للاعداد الرياضي اللازم وذلك لضيق الوقت . والواقع أن الميكانيكي ملزم حسب مقتضيات أمن الحركة بأن يتفاعل بسرعة مع تغير الاحوال الخارجية حتى ولو أدت هذه السرعة نوعاً ما إلى خطأ في اختيار أحسن شكل للتحكم بالقطار الكهربائي .

ان استعمال الآلة الحاسبة الالكترونية التي تجمع بين امكانية الحل الدقيق للتحكم في حركة القطار وبين سرعة عمل عظيمة كفيلة بالحصول على هذه الحلول الدقيقة في وقت مقدر بالثواني ، ليسمح بالتحكم في حركة القطار بطريقة أفضل مما يفعله الميكانيكي ، وبتقليل استهلاك الطاقة الكهربائية وبزيادة أمن الحركة .

هذا ويمكن وضع قواعد شبيهة في أساس أتمتة أية عملية من عمليات الانتاج أو النقل ولتحقيق هـــذه العملية يلزم أولاً وقبـــل وجود وصف رياضي دقيق للعملية المراد اتمتها . والواضح أن هذا الوصف الرياضي يجب أن يقوم به المهندسون ذوو التخصصات المناسبة والمطلعون على تفاصيل وسمات وخصائص العملية المعطاة .

ويمكن أن تجهز القطارات برادار خاص يقيس باستمرار سرعة العربة ، ويقوم جهاز كهربائي آخر بتحديد المسافة بينها وبين اقرب العربات الواقفة على السكة وتدخل كل هذه المعلومات إلى الآلة الحاسبة الالكترونية التي تحل المسألة الديناميكيةالمتعلقة بالسرعة التي يجب أن تتحرك بها العربة لكي تقف في المكان المطلوب .

هذا ويمكن باستعمال الآلات الحاسبة الالكترونية انشاءأنظمة التحكم الاوتوماتيكي في حركة القطارات فيقطاعات كاملة ، واقامة اجهزة

لبيع التذاكر اوتوماتيكياً بما في ذلك حالات تغيير القطار مع الالغاء الاوتوماتيكي للأماكن المحجوزة وغيرها من العمليات .

السيبرنتيك في الشبكات والحمل الكهربائية :

الحملة الكهربائية (وتسمى احياناً نظام القدرة الكهربائية) هي مجموعة محطات توليد كهربائية موصولة مع بعضها بشبكة واحدة وهي تتبادل القدرة الكهربائية فيما بينها . وتختلف القدرة الكهربائية السارية في الخطوط في كل لحظة وذلك حسب متطلبات الحمولة في مختلف المدن المربوطة إلى هذه الشبكة . وعلى سبيل المثال فان الحملة الكهربائية في سوريا تربط مختلف محافظات القطر وهي تضم محطات توليد عديدة تتشارك معاً في تأمين طلب جميع مشتركي الكهرباء في القطر .

ولكي يكون تشغيل الحملة الكهربائية اقتصادياً يجب التحكم بعمل المحطات وبالاستطاعة السارية في الخطوط في كل لحظة .

ولمراقبة كل مراحل عمل محطات التوليد الكهربائية – وخصوصاً محطات التوليد الحرارية منها – يلزم استعمال عدد ضخم من المعطيات التي تبين كيفية سير هذه العملية اوتلك (نقل الوقود وتجهيزه ، دخوله إلى المراجل ، عمل المراجل البخارية والعنفات والمحولات وغيرها) . وتقدر المعطيات في المحطة الواحدة ببضع مئات .

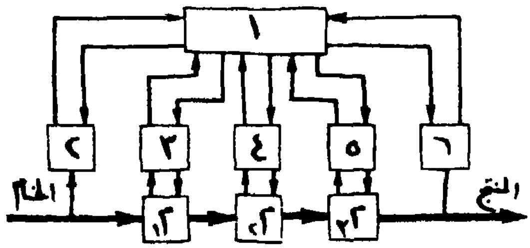
ومنه يتضح أن حجم المعلومات التي ينبغي معالجتها ضخم جداً واكبر من امكانيات العمال العاديين المناوبين عادة . وبغية التحكم في عمل المحطة الكهربائية الواحدة ، أو عمل الحملة الكهربائية ككل تستعمل الآلات السيبرنتيكية . ففي المحطة الكهربائية تؤخذ قراءات جميع

الاجهزة إلى حاسب مركزي حيث تقارن مع قيمها المضبوطة وعند وجود اي اختلاف تقوم الآلة الحاسبة باعطاء اوامر التصحيح المناسبة .

كذلك الأمر بالنسبة للتحكم السيبرنتيكي في الجملة الكهربائية كلها ، اذ يحل « المتحكم السيبرنتيكي »مسألة أنسب توزيع لمصادر الطاقة واستهلاكها ويضمن الفتح والاغلاق الاوتوماتيكي لمولدات المحطات المختلفة وكذلك وصل أو فصل خطوط التوتر العالي . . . الخ بحيث يحقق أكبر وفر ممكن للدخل القومي .

السيبرنتيك في الصناعة ذات الانتاج المستمر :

يسمح التطور في هندسة الالكترونيات الرقمية بحل مسألة الاتمتة الكاملة للمصانع ، ويمكن تحقيق هذه المهمة بسهولة أكبر في المصانع ذات الانتاج المستمر كما في الصناعة الكيميائية والبترولية مثلاً .



دارة الضبط الاوتوماتيكي لمنشأة صناعية ذات انتاج مستمر .

١) الآلة الحاسبة الالكترونية المركزية .

٢- محلل المواد الخام .

٣- ٤- ٥- الضوابط المختلفة لمراحل العملية .

٦- محلل المنتج الجاهز .

م١- م٢- م٣ مراحل العملية التكنولوجية .

ويبين الشكل اعلاه دارة التحكم المستعملة في هذه الحالة . نفرض أن المادة الخام في عملية المعالجة تسير في عدة مراحل تكنولوجية م١–م٢، م٣ . . الخ ويتحقق التحكم في كل مرحلة بأحد الضوابط المحلية ٣، ٤، ٥، الذي هو عبارة عن حاسب الكتروني يعطى له برنامج ضبط المرحلة المعنية من العملية الانتاجية . وتحتوي الضوابط المحلية على قناتي وصل (مباشرة وعكسية) مرتبطتين بالوحدات التي تحقق مراحل العملية التكنولوجية وكذلك بالالة الحاسبة الالكترونية المركزية (١) وتأخذ الاخيرة معلومات من الضوابط المحلية عن سير العملية في كل مرحلة وتأخذ من المحللات ٢–٦ نتائج تحليل المنتج الجاهز مع الاحتياجات التكنيكية المطلوبة منه وبتحويل كل المعلومات الباقية الواردة إليها فان الآلة الحاسبة الالكترونية المركزية وكأنها تقوم بدور « العقل المفكر » للمؤسسة ، فهي تدخل التعديلات اللازمة في برامج عمل الضوابط المحلية ، بحيث يتغير سير العملية التكنولوجية بشكل يضمن الحصول على المنتج بالمواصفات المطلوبة .

ويفضل أن تستخدم كآلة حاسبة الكترونية مركزية الآلة التي تستطيع أن تجد أحسن نظام لعمل المنشأة الصناعية . لذلك يجب أن تشتمل ذاكرتها على تقديرات معينة لسير التحكم بهذا البرنامج او ذاك ، كما يجب أن تراعى امكانية الانتقال الاوتوماتيكي إلى برنامج أكثر فائدة في العمل .

وتوجد في مصانع للخبز تامة الأتمته يسمح فيها التكنيك السيبرنتيكي بتحضير العجين اوتوماتيكياً من مكوناته الأساسية وبالنسب المطلوبة وحسب المواصفات المحددة . ويتم هنا أيضاً التحكم في خبز وانتاج

مختلف انواع الخبز . ويوجد في هذه الافران نظام اوتوماتيكي ليعالج المعطيات الاحصائية عن وزن القطعة المنتجة وليسوي اوتوماتيكياً كميات العجين . وقد سمح ذلك بالتقليل كثيراً من استهلاك العجين وفي الوقت نفسه بتقليل انحراف وزن القطع عن معدلها ، بالاضافة إلى المحافظة على المواصفات المطلوبة للخبز الناتج .

السيبرنتيك في الحروب :

من الطبيعي أن تلفت امكانية صنع أجهزة ذاتية التحكم تعمل بدون مشاركة الانسان اهتمام الخبراء العاملين في مجال التكنيك الحربي ، اذ ان السيبرنتياك نفسه قد ولد في سني الحرب العالمية الثانية واستخدم لتوه لحل بعض المسائل ذات الصبغة العسكرية . وخلال فترة مابعد الحرب حقق تكنيك الآلات الحاسبة انجازات ضخمة مما وسع آفاق السيبرنتياك ومجالاته .

قبل كل شيء تستعمل الآلات الحاسبة بتوسع لاجراء حسابات شاقة جداً هوائية وديناميكية وباليستيكية (أي مرتبطة بتحديد مسار القذائف والصواريخ) وغيرها .

وتسمح سرعة العمل الهائلة للآلات بالحساب الدقيق لمسار القذيفة في وقت أقل من وقت طيران القذيفة نفسه .

ومن الاستعمالات الأكثر انتشاراً للأجهزة السيبرنتيكية في الأغراض الحربية وضع أنظمة التحكم الاوتوماتيكي في اطلاق نيران المدفعية المضادة للطائرات ، وقد أشرنا إلى ذلك في مطلع هذا الفصل .

وللتكنيك السيبرنتيكي دور خاص في نظام الاستكشاف بعيد المدى واصطياد قاذفات القنابل التي تفوق سرعة الصوت والصواريخ الموجهة . وهناك أنظمة مخصصة للقيادة الاوتوماتيكية لزوارق الطوربيد .

هذا وتستطيع الآلات السيبرنتيكية أن تلعب دوراً هاماً جداً عند حل المسائل التكتيكية العملية : جمع المعلومات الاستطلاعية عن العدو ومعالجتها ، وصنع شيفرة المعلومات عن العدو وعن جيوشه وتوصياتها إلى أركان حرب القوات ، تقدير الموقف على الخريطة، تجهيز معطيات لاتخاذ قرار القادة واعطاء احتمالات هذه القرارات وغيرها .

كذلك تستطيع الآلات الرقمية الالكترونية تقديم خدمات كبرى في خدمة مؤخرة الجيش واتمتة التحكم في تموين الجيش ، اذ يسمح استعمالها باختصار ملموس في وقت كتابة الطلبات وتنفيذه وكذلك في وقت اجراء عمليات الأتمتة وحفظها ونقلها .

السيبرنتيك وآلات الاعلام المنطقية :

بالاضافة إلى حل المسائل ذات الصبغة الحسابيةفان الآلاتالسيبرنتيكية يمكن أن تستعمل لمكننة بعض الأنواع الأخرى من العمل الفكري مثل المحاسبة والاحصاء وبعض مسائل التخطيط وترجمة المواضيع العلمية من لغة إلى أخرى وغيرها .

كذلك تقوم الآلة الحاسبة بكثير من الأعمال الابداعيةمثلالاختراع ، ووضع النظريات الجديدة والتأليف الأدبي والموسيقي .

يطلق على الآلات المخصصة لمكننة عمليات تفكير الانسان التي تتلخص في استقبال وحفظ ومعالجة المعلومات اسم « آلات الاعلام المنطقية » ويمكن ان تستخدم في الترجمة الاوتوماتيكية من لغة إلىأخرى، وفي معالجة نتائج البحوث العلمية والاعمال الهندسية ، وفي اتمتة عمليات

البحث عن المعلومات وفي تشخيص الأمراض ، وفي معالجة مختلف المعطيات الاحصائية وفي التعليم وفي كثير غيرها . ومن هذه الآلات نستعرض :

آ – آلات الترجمة الاوتوماتيكية : جرى أول عرض للترجمة الآلية في ٧ كانون الثاني (يناير) ١٩٥٤ في مدينة نيويورك وقد ترجمت الآلة نصاً يحوي ٦٠ جملة من الروسية إلى الانكليزية بواسطة برنامج احتوى على ٢٤٠٠ أمر وقاموس مؤلف من ٢٥٠ كلمة . وقد تتابعت الأعمال بعد ذلك في هذا المجال . وفي عام ١٩٥٨ لم يكن في العالم كله سوى ثلاث آلات الكترونية تستطيع ترجمة النصوص العامية : واحدة روسية والأخرى أمريكية والثالثة انجليزية .

أما الآن فهناك الكثير من الآلات المترجمة في العالم . ومع أن أعمال الترجمة لم تصل إلى الكمال بعد نظراً لصعوبات عديدة إلا أنها أصبحت واقعاً ملموساً في الكثير من البلدان .

ب – آلات الاستعلامات المكتبية : ان الزيادة المستمرة في تدفق المنشورات العلمية في صورة كتب ومقالات وتقارير وبراءات اختراع تجعل من الصعب جداً استخدامها نظراً لصعوبة البحث والاطلاع على المواد المناسبة . فاذا كان في استطاعة العالم في القرون الماضية أن يطلع عملياً على جميع المراجع غير الكثيرة في الموضوع الذي يهمه وكان ذلك يأخذ منه جزءاً غير كبير من وقته ، فانه تطبع في الوقت الحاضر مراجع وفيرة في جميع مسائل العلم والتكنولوجيا لدرجة ان الاطلاع على جميع هذه المراجع ، ولو في مجال ضيق من المعرفة ، ليس في استطاعة الانسان حتى إذا وهب ذلك كل وقت عمله .

وهكذا نصل إلى موقف غريب . . . لقد تحولت وفرة المواد العلمية في مختلف فروع المعرفة إلى عقبة في طريق استيعاب هذه المعارف بشكل جيد ومفهوم . ولكن من ناحية أخرى لايستطيع أي عالم أن يبحث دون ان يعرف ما نشر في مجال اختصاصه . . . والحل الجذري الوحيد لهذه المسألة هو صنع آلات اعلام قادرة على تكديس وتنظيم كميات كبيرة من المعلومات واعطاء الاجابة الصحيحة عندما يقدم إليها سؤال من خارج الآلة .

ولعل أهم عقبة تقف في سبيل عمل آلات الاعلام هذه هو عدم وجود أجهزة للذاكرة كبير السعة لاستيعاب هذه المعارف . ويتوقع أن تكون ذاكرة الجيل الخامس من الحاسبات كبيرة إلى درجة تسمح لها باختزان كميات كبيرة جداً من المعلومات .

ج ــ الآلات اللاعبة : أحد فروع الرياضيات الحديثة المتصل اتصالاً وثيقاً بالسيبرنتيك هو « نظرية اللعب » ومؤسسها العالم الرياضي الشهير ج نيمان .

وقد تطورت نظرية اللعب على أساس دراسة الألعاب المشهورة مثل الشطرنج والضاما والدومينو وغيرها . ومع الزمن تبين أنه يمكن تعميم أفكارها على النواحي المختلفة من الاقتصاد الوطني ومن الميدان الحربي التي تشابه الحالات المتكونة فيها حالات لعبية إلى حد ما .

والصعوبة الرئيسية هنا هي أن المسألة ليس لها جواب وحيد . فمن المستحيل مثلاً معرفة أحسن خطوة يجب أن تبدأ بها لعبة الشطرنج

أذن المستحيل تنظيم سير اللعب سلفاً لأن ذلك لايعتمد علينا فقط بل وعلى غريمنا أيضاً .

هذا ويمكن الآن عملياً للآلة عند لعب الشطرنج اعتبار كل السبل الممكنة بعدد محدود من الخطوات في المستقبل فقط ،اذ أنه بزيادة عدد الخطوات يزداد عدد الامكانيات المتوفرة بشكل كبير . ومن الواضح أن الآلة تكون أكثر فائدة قبيل الانتهاء من لعبة الشطرنج وذلك حينما يكون عدد القطع على اللوحة غير كبير وبهذه الطريقة يقل كثيراً عدد السبل الممكنة .

الأجهزة ذات التنظيم الذاتي :

أحد العيوب الجوهرية في الأجهزة السيبرنتيكية المنتشرة بشكل واسع في الوقت الحاضر هو أنها تعمل فقط ببرنامج صارم وضعه الانسان سلفاً ، فاذا ظهر عند التحكم في عملية ما وضع لم يراعى قبلاً في البرنامج فان مثل هذا الجهاز السيبرنتيكي لايستطيع بعد ذلك مواصلة تحقيق وظائف التحكم فاما يوقف العملية واما يسمح لها أن تستمر بصورة تلقائية واما يستمر في التحكم بدون اعتبار لهذا الوضع الجديد ، ويمكن أن تنتهي كل هذه الحوادث بنكبات في أسوأ الأحوال او أن تستمر العملية ولكن بعيداً عن أنسب الطرق وذلك في أحسن الأحوال .

لذلك فقد بذلت في السنوات الأخيرة جهود كبيرة جداً لتصميم آلات قادرة على استقبال وتصنيف المعلومات الداخلة إليها من الوسط الخارجي وان تصنع « بنفسها » و « لنفسها » برامج لمعالجة الاخبار وان تقدر فعالية هذه البرامج بناء على النتائج النهائية وان تذكر أنسب

البرامج لأستعمالها مستقبلاً في الحالات المشابهة ، وقد سميت مثل هذه الآلات بالاجهزة ذاتية التنظيم والضبط (انظر الفصل السادس) .

وأخيراً فان أعلى درجة للتنظيم الذاتي هي تلك التي تتميز بها الأنظمة التي لاتذكر برامج التحكم الأكثر اتقاناً فحسب بل وتعيد بناء تكوينها تبعاً لأحوال ومسائل التحكم ، ومن الواضح أن الوصلات التي تترابط بها عناصر هذه الأنظمة ـ العناصر المستقبلة للمعلومات وعناصر الذاكرة والعناصر المنطقية والتنفيذية يجب أن لاتكون محددة تماماً سلفاً بل يجب أن تنشأ كنتيجة للتكيف مع الشروط المختلفة ، هذا وتكون الأنظمة من هذا النوع أجهزة ذاتية بالمعنى الكامل لهذه الكلمة .

* * *

الملحق
المفاهيم الأساسية للسبرنتيك

تعريف السيبرنتيك :

السيبرنتيك هو علم عام مجرد ينشأ عن تقاطع العديد من فروع المعرفة ويعالج كلا من :

عمليات القيادة والتحكم ونقل المعلومات في كل من الجمل الديناميكية الطبيعية والجمل الديناميكية الصنعية

علماً أن الجملة والمعاومات هي المفاهيم المحورية للسيبرنتيك

١ — نشوء السيبرنتيك

ان التعقيد الشديد وتداخل المسائل يجبر الانسان المختص على الاهتمام بالمجالات التي تخرج عن حدود اطار اختصاصه ، والتعامل مع مجالات تتميز بصلة قوية بموضوع الاختصاص . وهذا يضطره إلى التعرف على كل شيء ضروري لحل المشكلة التي يريد أن يتصدى لها .

أمثلة على مجالات المشاكل المتداخلة :

آ) دراسة عمليات القيادة والتحكم في الجمل الطبيعية والجمل الصنعية .

التقنيـــة	علم الأحياء والطب	الاقتصـــاد
يقوم المهندسون بتطوير تجهيزات القيادة والتحكم لأتمتة الآلات والتحكم بعملية الانتاج	يقوم علماء الأحياء والأطباء بدراسة عمليات التحكم في الكائنات الحية مستندين في ذلك إلى المعارف المكتسبة من التقنية .	يقوم علماء الاقتصاد والاجتماع بدراسة عمليات القيـــادة والتحكم المعقدة للجمل الاجتماعية .

ب) دراسة كيفية نقل المعلومات ، ونقلها وتخزينها واستخدامها في الجمل الطبيعة والجمل الصنعية .

التقنيـــة	علم الأحياء والطب	الاقتصـــاد
يقوم المهندسون بابتكار التجهيزات التي تنقل كمية كبيرة من المعلومات بسرعة كبيرة عبر مسافات طويلة	يقوم علماء الأحياء والأطباء بدراسة القوانين التي تحكم تبادل المعلومات بين الكائنات الحية ، وتلك التي تتحكم في نقل المعلومات بين سائر أعضاء الكائن الحي نفسه .	يقوم علماء الاقتصاد والاجتماع بدراسة القوانين التي تحكم تبادل المعلومات في الجمل الاجتماعية

وهكذا تطور علم جديد اطلق عليه اسم نظرية المعلومات Information Theory التي تتمتـــع بأهميـــة كبيرة عند كل من المهندسين ، علماء الاقتصاد ، علماء الاحياء ، علماء الاجتماع ، علماء التربية ، وغيرهم .

ومن المعروف أن التصدي للمسائل المعقدة يوحد أهداف جميع الاختصاصيين في سائر المجالات لـــذا فهم يستخدمون اللغة نفســـها لكنهم يسلكون طرقـــاً متباينة تعتمد عـــلى مصطلحات مختلفة .

وتجدر الاشارة هنا إلى أن تحسين التعاون والتنسيق بين أصحاب الاختصاصات المختلفة يتطلب البحث عن وسائل وطرق مشتركة للجميع ، وموحدة من حيث :

١ – التعاريف .

٢ – الصيغ الوصفية .

٣ – طرق الاختبار .

٤ – طرق الحساب .

استجابة لهذه الرغبة والحاجة الماحة لتوحيد المسائل والطرق المستخدمة لتفسير العمليات المعقدة ، فقد نشأ علم ثوري جديد هو السيبرنتيك .

٢ – مفهوم الجملة .

تعريف .

١ – حصر عدد من العناصر محددة المهام ومحددة البنية أي طريقة ارتباط العناصر بعضها ببعض يشكل جملة محددة .

٢ – الجملة هي عبارة عن نموذج مجرد لجزء من الواقع .

٣ – بمقدور المرء تقسيم الجملة إلى أجزاء اصغر يطلق عليها اسم العناصر .

٤ – بمقدور المرء الجمع بين العديد من الجمل « التحتية » لتشكيل جمل أكبر « فوقية »

الجمل المعلوماتية : هي جمـــل طبيعيـــة او صنعيـــة تكمن مهمتهاالرئيسية في استقبال المعلومات ومعالجتها وارسالها .

الجمل اللامعلوماتية : هي جمل صنعية تكمن مهمتها الأساسية في استقبال الطاقة او المواد ومعالجتها وارسالها .

الجملة المعلوماتية الطبيعية والصنعية

جملة معلوماتية طبيعية

ومن الأمثلة عليها الكائنات الحية (الانسان والحيوان) . يعتبر التنظيم الذاتي Self Organization من الخصائص المميزة للجمل المعلوماتية الطبيعية

جملة معلوماتية صنعية

جملة ديناميكية من صنع الانسان مهمتها الرئيسية في التعامل مع المعلومات

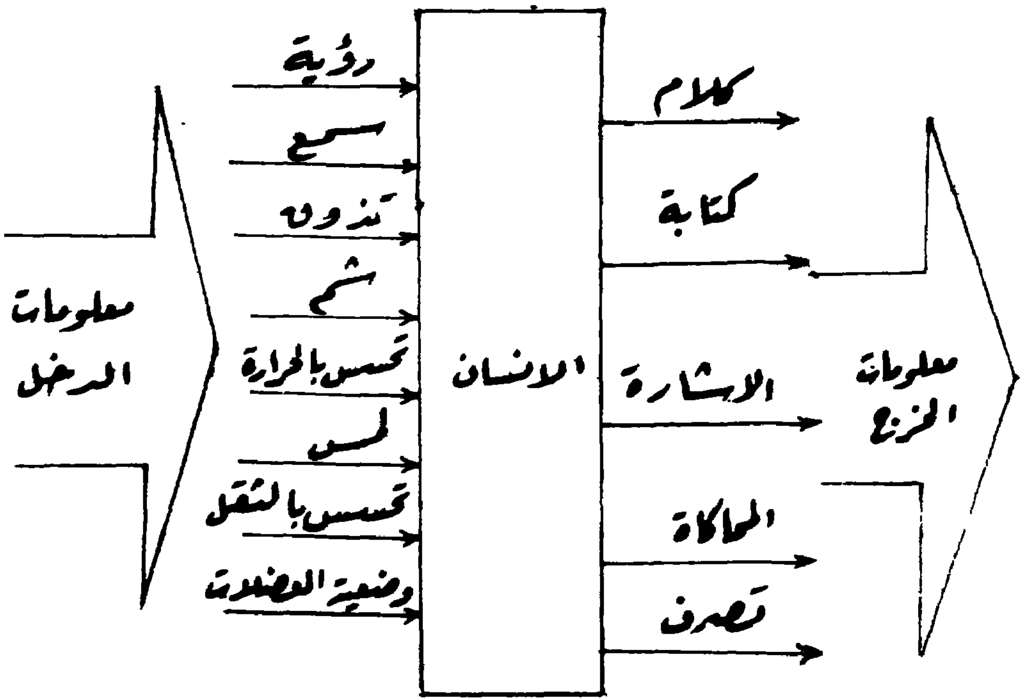
- استقبال
- نقل
- تخزين
- إعادة قولبة
- إرسال
- استخدام

بمقدور المرء ربط الجمل المعلوماتية الطبيعية والصنعية مع بعضها بعضاً

لاتتمكن جملة المعلومات الطبيعية (الانسان) من استقبال المعلومات الابواسطة قنوات دخل محددة ولايستطيع ارسالها ايضاً الا بواسطة قنوات خرج محددة والانسان عبارة عن جملة ذاتية التنظيم .

الانسان

جملة معلوماتية طبيعية



التنظيم الذاتي

التحكم الذاتي	قابلية التأقلم	قابلية التعلم	الاصلاح الذاتي	قابلية التطور والتحسين الذاتي
عملية آلية تقوم بها الأعضاء باسلوب مشابه لمبدأ تجهيزات التحكم التقنية مثل تثبيت درجة الحرارة في الجسم عيد ٣٧ مئوية	تقدر الجملة عل تعديل سلوكها ذاتياً بشكل يتلاءم مع تقبلات الظروف المحيطة بها (البيئة) وتسمى أيضاً المتأقلمة	بمقدور الجملة الاستمرار في عملية تحسين سلوكها بواسطة التعلم وهنا يشترط لنجاح جملة المعلومات في التعلم امتلاكها الذاكرة	تمتلك الجملة عناصر احتياطية (٢عينين ٢أذنين الخ) وهنا يتمكن عنصر احتياطي من القيام بدور العنصر الأصلي ، الذي يتوقف عن العمل	لتحقيق استمرار الاستقرار عند تبدل ظروف البيئة الخارجية الخارجية تتم قيادة الجملة من قبل برامج متغيرة تسمح بتطويرها وتغيرها نحو الأفضل

الجمل السيبرنتيكية :

هي عبارة عن جمل ديناميكية أو صنعية ، تتوفر فيها المزايا التالية :

١ ـ إعلامية
٢ ـ ذاتية التنظيم } وهذه المزايا أساسية
٣ ـ ذاتية التأقلم
٤ ـ متغيرة البرامج
٥ ـ قادرة على التعلم ، جزئياً على الأقل
٦ ـ متطورة ومتغيرة نحو الأفضل

أمثلة على الجمل السيبرنتيكية :

الصنعية ١ – التحكم الآلي الالكتروني : يحل محل الانسان في ادوار كل من القياس ، القيادة ، والتحكم .

٢ – تجهيزات معالجة المعلومات ، التي تحل محل الانسان في الاعمال الروتينية : الحساب، المقارنة، اتخاذ القرار .

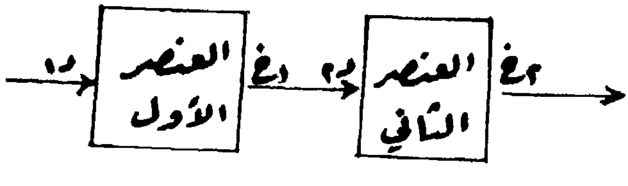
جمل التحكم الآلي : التي تقرر بنفسها وتختار العنصر الاحتياطي المناسب ، لادخاله في الخدمة بدل العنصر الأصلي الذي تعطل .

الجمل المفتوحة – والجمل المغلقة

الجمل المفتوحة : جمل تحقق الشروط التالية

١ – عنصر وحيد – على الأقل – تقتصر مهمته على ادخال المعلومات فحسب .

٢ – عنصر وحيد على الأقل – تقتصر مهمته على اخراج المعلومات فقط .

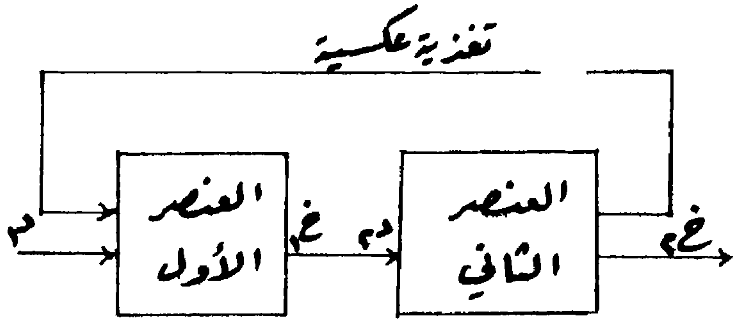


جملة مفتوحة مكونة من عنصرين

الجملة المغلقة : هي جمل تتمتع بالمواصفات التالية :

١ ـ لاتحتوي على أي عنصر « حافة » تقتصر مهمته اما على ادخال المعلومات او اخراجها فقط .

٢ ـ تحتوي على تغذية عكسية واحدة ـ على الأقل .



التغذية العكسية لعنصرين في دارة مغلقة .

٣ ـ مضمون السيبرنتيك ومجالاته :

يعالج السيبرنتيك الصيغ العامة لخواص الجمل المعلوماتية الطبيعية والصنعية على حد سواء والعمليات التي تجري في داخلها . وتتم المعالجة هنا وفق منطلقات كل من .

١ ـ الجمل

٢ ـ التحكم

٣ ـ المعلومات

٤ ـ اللعب

٥ ـ الالغوريتمات .

منطلق الجمل :

كيات دخل الجملة وكيات خرجها	عدد كيات دخل الجملة ، وعدد كيات خرجها ، وكذلك عدد العناصر الفعالة النشيطة بينها .
البنية الداخلية للجملة	ربط عناصر الجملة فيما بينها
سلوكيات الجمــل	علاقة السلوكيات بكل من : ١ – مهام العناصر الكافة ٢ – بنية الجملة .

منطلق التحكم :

عمليات القيادة والتحكم في الجمــل	طبيعة القيادة ، طبيعة التغذية العكسية السلوك الزمني (زمن تأخير رد الفعل مثلا) وغيرها .
استقرار الجمــل	رد فعل الجملة على الخلل الطارىء شروط إعادة الجملة إلى حالة التوازن .

منطلق المعلومات

توليد المعلومات	وصادر المعلومات
حامل أو رسول نقل المعلومات والاشارات	حامل من المادة أو من الطاقة
نقل المعلومات (القنوات)	امكانيات النقل السليم للمعلومات بدون أخطاء – عبر مسافات طويلة ، بسرعة كبيرة .
تخزين المعلومات	إمكانية التخزين الداخلي والخارجي للمعلومات
تشفير المعلومات	إمكانيات اختيار رموز شفرة المعلومات وطرق التعرف على أصل الشفرة.

منطلق اللعب :

حالات التأزم بين الجمل	التنبؤ المسبق بسلوكيات (استراتيجية) الجملة ضد الجملة المنافسة

منطلق الالغوريتم :

الوصف المتكامل للعمليات التي تجرى داخـــل الجملة	وضع القواعد اللازمة لتقسيم مسار العمليات المعقدة إلى خطوات جزئية صغيرة بواسطة لغة الغوريتمية محددة .

4 ــ طرق السيبرنتيك :

طريقة الصندوق الأسود Black Box Method

وهي عبارة عن طريقة علمية للدراسة تلك الجمل التي نجهل تركيبها الداخلي ــ بشكل عام ــ والتي يتعذر وصفها في بداية الدراسة ، الا بالاعتماد على فئة قليلة من كميات الدخل وحالاتها فقط .

وهنا يحاول المرء الاعتماد على التجريب ، أو المراقبة أو القياس في كشف القوانين التي تحكم البنية الداخلية للجملة والتعبير عنها بعلاقات رياضية تسمح بالتنبؤ برد فعل الجملة (كميـــات الخرج) عند اجراء تعديلات محددة في المؤثرات على الجملة (كميات الدخل أو الاضطراب) وبالنتيجة يتوصل المرء إلى ربط ريـــاضي بين كميـــات الخرج والدخـــل ، قبل التمكن ــ بالضرورة ــ من معرفة مايجري داخل الجملة (الصندوق الاسود) بشكل تفصيلي .

طريقة التجربة والخطأ :

تتميز الجمل الطبيعية أو الصنعية ذاتية التحكم التي يقتضي توصلها إلى هدف معين التأقلم مع ظروف البيئة المحيطة ، بسلوكية خاصة : إذا كانت القاعدة الضرورية لبلوغ الهدف مجهولة ، عندها تحاول هذه الجمل بلوغ الهدف خطوة خطوة عن طريق التجريب تقوم الجملة بحفظ كل تصرف سليم او خاطىء (نجاح أو اخفاق) بواسطة ذاكرتها (المخ عندالانسان، أو ذاكرة التجهيزات الالكترونية المعالجة للمعلومات). عندما تعرف الجملة أنها قامت بتصرف خاطىء عندها تغير الجملة سلوكها .

٥ ــ تقسيم السيبرنتيك :

السيبرنتيك البحت		السيبرنتيك التطبيقي	السيبرنتيك التجريبي
السيبرنتيك النظري	السيبرنتيك الخاص		
نظرية الجمل	نظرية الاوتومات	السيبرنتيك التقني	تقنية النماذج
	الحاسبة	السيبرنتيك الاقتصادي	بيونيك
	الالكترونية	السيبرنتيك العسكري	طريقةالصندوق الأسود
	وتصميمها	السيبرنتيك البيولوجي	طريقةالتجربة والخطأ
نظرية		السيبرنتيك التربوي	
المعلومات	الاوتومات المتعلمة		
نظرية التحكم	الاوتومات		
	ذاتية التحكم		
نظرية	الاوتومات		
الالغوريتمات	ذاتية الاصلاح		
نظرية اللعب			

الجملة تتعلم ، كيف ترتب التصرفات الناجمة بشكل متسلسل بحيث تصبح قادرة على بلوغ الهدف مباشرة .

٦ ـ السيبرنتيك التطبيقي : .

يعرف السيبرنتيك التطبيقي بأنه استخدام المعارف السيبرنتيكية ووسائله وطرقــه في مختلف العلوم المتخصصة بهدف :

١ ـ دراسة سلوكية الجمل الديناميكية (تحليل الجمل) .

٢ ـ تشكيل جمل جديدة اجتماعية ، اقتصادية ، وعلمية ـ تقنية (تصميم الجمل) .

٣ ـ بما أن السيبرنتيك علم صوري يصف بنية الجمل . وسلوكيتها وكذلك عمليات القيادة والتحكم فيها بصورة عامة (شمولية) مجردة ، لذا فان السيبرنتيك يعتبر وسيلة مناسبة لوضع النماذج المجردة (أو النماذج الفكرية) لمختلف الجمل .

٦ ـ آ ـ النظرة السيبرنتيكية :

إلى الجمل الاقتصادية :

الجمل الاجتماعيــة والاقتصاديــة وجميع الجمل التنظيمية هي عبارة عن جمل معلوماتية تجري فيها عمليات قيادة وتحكم معقدة .

تهدف الجمل الاجتماعية إلى بلوغ حالة « جملة تتميز » باستقرار جيد ازاء الاضطرابات الداخلية والخارجية على حد سواء ، وتعمل بموثوقية عالية في تحقيق الاهداف التي عليها أن تحققها تسمح وسائل السيبرنتيك وطرقه بدراسة العمليات المعقدة وارتباطاتها المتبادلة بغية وضع النماذج التصورية الكفيلة بكشف امكانيات تطويرها نحو الأفضل .

وهنا يتم الاعتماد على مايسمى « بتحليل الجمل » :

١ ــ دراسة البنى والسلوكيات المثلى في عملية الانتاج .

٢ ــ دراسة البنى والسلوكيات المثلى في مجالات جمل التخطيط والقيادة والمعلومات .

٦ ــ ب ــ النظرة السيبرنتيكية :

إلى الجمل التقنية

يتطلب استمرار البشرية في التطور استمرار تحسين الجمل المعالجة لكل من الطاقة والمعلومات وهذه جمل لاغنى عنها في المجتمعات الحديثة .

ونتساءل هنا : إلى متى سيشغل الانسان دور جملة معلوماتية في عملية الانتاج لضمان سيرها بدون خلل ؟ إن هذا يتعلق ــ بالدرجة الأولى ــ بالجهود التي يبذلها الانسان لتطوير جمل معلوماتية صنعية قادرة على القيام

بأعمال الانسان الرتيبة . وربما بجزء من الاعمال الابداعية .

لابد لهذه المهام من الحل ضمن اطار الثورة العلمية — التقنية .

الجمل المؤتمتة :

وهي جمل تتميز بالخصائص التالية :

١ — ثبات الوظيفة .

٢ — ثبات المعطيات (البارامترات) .

٣ — ثبات الالغوريتم .

٤ — ثبات القيادة أو القيادة المبرمجة .

تعمل هذه الجمل في حالات التشغيل الاعتيادية بصورة مثلى عديمة الخلل .

المساوىء :

تكمن مساوىء هذه الجمل ذات الوظيفة الثابتة في عدم مقدرتها على ضمان حالة التشغيل المستقرة عند حدوث خلل في الجملة . وهذا يجعل مشاركة الانسان — جزئياً على الاقل — في عملية الانتاج ضرورية لازالة الخلل الظاهر وتبديل المعطيات واجراء تعديلات في بنى الجمل .

شروط الأتمتة المعقدة

التحضير للانتاج :

الشرط الأساسي	المجال	الاجراءات
في أقسام التحضير للانتاج يجب استخدام جمل تحرر الانسان من الأعمال الجسدية والفكرية الرتيبة	البحوث والتطوير	الاعتماد على الحاسبات الالكترونية في عمليات التصميم
	التصميم	الاعتماد على الحاسبات في التصميم وحساب أجزاء المنشآت وإعداد اللوائح ، وقوائم الشحن ، وغيرها .
	رسم المخططات	تكليف الحاسبات برسم المخططات الصناعية .

الانتاج :

الشرط الأساسي	الاجراءات
١ – في الأقسام الانتاجية يجب استخدام جمل تضمن المحافظة على حالة التشغيل المثلى دون تدخل الانسان . – حتى في حالات الطوارىء . ٢ – وكذلك تحرير العمال الفنيين بواسطة المكننة من العمل اليدوي وبواسطة الأتمتة من العمل الذهني .	١ – استخدام الآلات رقمية القيادة وصلات التحكم المركزية . ٢ – استخدام آلات مترابطة الكترونياً ذات جملة قيادة وتحكم مركزي . ٣ – استخدام آلات منشآت ذات تحكم متأقلم . ٤ – قيادة عمليات كاملة بواسطة الحاسب العملياتي Process Computer ٥ – استخدام أقسام أو مصانع رقمية القيادة بشكل كامل .

وسائل تحقيق الشروط :

أقسام التحضير	الاعتماد على معارف السيبرنتيك التقني ووسائله وطرقه	الاعتماد على المعالجة الألكترونية للمعلومات
الأقسام الانتاجية	الاعتماد على معارف السيبرنتيك التقني ووسائله وطرقه	١ – استخدام معالجة المعلومات الالكترونية ولا سيما القيادة العمليات بواسطة الحاسبات الرقمية . ٢ – الاعتماد على تقنيات القياس والقيادة والتحكم .

السيبرنتيك التقني :

لايمكن تحقيق الاتمتة المعقدة بواسطة الجمل التقنية التقليدية ذات الوظيفة الثابتة . والبرنامج الجامد (الثابت) في عمليات الاتمتة المعقدة تكثر مصادر الخلل وهذا بدوره يتطلب اتخاذ عدد كبير من القرارات المنطقية التي تعجز جمل التحكم التقليدية عن اتخاذها دفعة واحدة .

لذا يقوم السيبرنتيك التقني بتطوير تجهيزات تحكم تتمتع بالمواصفات التالية :

١ ــ قادرة على اتخاذ القرارات المنطقية .
٢ ــ قادرة على التأقلم الذاتي مع ظروف البيئة المحيطة .
٣ ــ قادرة ــ جزئياً ــ على التعلم .
٤ ــ قادرة على التوصل إلى الوضع الامثل من تلقاء نفسها .
٥ ــ تقوم بتغيير براجها تلقائياً حتى تتوصل إلى البرنامج الأمثل .
٦ ــ تقوم بتعديل بنيتها من تلقاء نفسها .

المراجـع العربيـة

١ – صلاح الدين طلبه ، السيبرنطقيا : أحدث علوم القرن العشرين ، مجلة عالم الفكر المجلد الثاني – العدد الربع الأول ١٩٧٢ .

٢ – ل . كرايزمر ، السيبرنتيك : علم التحكم الاوتوماتيكي ، دار « مير » للطباعة والنشر موسكو ١٩٦٩ .

٣ – فيكتور بيكيليس ، الموسوعة الصغيرة في علم السيبرنتيكا : من ألف إلى ياء ، دار مير للطباعة والنشر ، موسكو ١٩٧٤ .

٤ – نوربرت فينر (ترجمة د . رمسيس شحاته) . السيبرنتيكا ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، ١٩٧٢

٥ – د . حسن أبو صالح . السيبرنتيك أو القيادة الذاتية الهادفة عن طريق مكننة الفكر منشورات جامعة حلب (كلية الهندسة) . سلسلة النشرات العلمية ٣ . حلب ١٩٧٦ .

٦ – ايلينا ساباروينا (ترجمة صبحي أبو السعد) . بين الانسان والآلة : السيبرناطيقا في داخلنا ، دار الكاتب العربي للطباعة والنشر . القاهرة ١٩٦٨ .

٧ – عصام حلمي . دراسة عملية في البيوميكانيك . دار المعارف بمصر ، ١٩٧٧ .

٨ – سوسن عبد المنعم وعصام حلمي . البيوميكانيك في النشاط الرياضي . دار المعارف بمصر ١٩٧٧

٩ – لويس لوفينيال . السيبرنتية (ترجمة د. خليل الجر) – المنشورات العربية – لبنان

١٠ – العميد سهل الصوفي . فلسفة فينر في السيبرنتيك ونتائجها العلمية . مجلة الفكر العسكري السنة الثانية ، العدد الثالث . دمشق ١٩٧٤ .

١١ – ريمون رديه (ترجمة وعادل العوا) . السيبرنتيك وأصل الاعلام ، منشورات وزارة الثقافة دمشق ١٩٧١ .

١٢ – لويس سالرون (ترجمة ظافر عبد الواحد) . الأتمتة . منشورات وزارة الثقافة دمشق ١٩٨١ .

١٣ – د . ف . أدين (ترجمة باسل الطباع) . ماهو علم البيئة . وزارة الثقافة ، دمشق ١٩٧٥ .

١٤ – ف . شابشنكوف (ترجمة د . أحمد عليان و د . حسن معوض) . فيسيولوجيا التمثيل الغذائي في الأحياء الدقيقة ، دار الثقافة الجديدة ، القاهرة ١٩٧١ .

١٥ – ترجمة العقيد عبد العزيز عرفه ، السيبرنتيك العسكريةالأساسية ، المجلة العسكرية دمشق ك ٢ ١٩٧٦ .

١٦ – د . أحمد علي العريان . المدخل إلى الهندسة ، عالم الكتب ، القاهرة ١٩٧٧ .

المراجـع الروسـية

١ – ف . دوغيه – الآلة الحاسبة الألكترونية تفكر ، تحسب وتنظم . (كتاب باللغة الروسية مترجم عن الألمانية) . دار مير للنشر . موسكو ١٩٧٤ .

٢ – ل . واستريفين ب . غرافيه . السيبرنتيك كما هو (كتاب باللغة الروسية) دار مولودا ياغفارديا للنشر . موسكو ١٩٧٥ .

٣ – أي . نيكولاو . مدخل إلى السيبرنتيك ، (كتاب باللغة الروسية مترجم عن الرومانية) دار مير للنشر . موسكو ١٩٦٧

٤ – آ.ب . غوردين . السيبرنتيك المسلي . (كتاب باللغة الروسية) . اينيرغيا موسكو ١٩٧٤

٥ – ا . ب . فيليكو . السيبرنتيك بدون رياضيات . (كتاب باللغة الروسية) . اينيرغيا . موسكو ١٩٧٤ .

٦ – ك . شتينبوخ . الانسان والاوتومات (كتاب باللغة الروسية مترجم عن الألمانية) سوفيتسكوه راديو . موسكو ١٩٧٢ .

٧ – يو . ن . سوشكوف . السيبرنتيك في الحرب . (كتاب باللغة الروسية) . موسكو ١٩٧٢ .

٨ – ب . ا . سابوجنيكوف واخرون . اسس السيبرنتيك الهندسي (كتاب باللغة الروسية) فيشايا شكولا . موسكو ١٩٧٠ .

٩ – س . ا . غينز بورغ وآخرون . اسس الاوتوماتيك والتليميكانيك . (كتاب باللغة الروسية) موسكو ١٩٦٨ .

المراجـــع الانكليزيـــــة

1 - D. H. SANDERS. COMPUTERS IN SOCIETY.
MCGRAW-HILL. NEW YORK 1981.

2 - C. EVANS. THE MICROMILLENIUM. WASHINGTON
SQUARE PRESS. NEW-YORK 1981.

3 - A. OSBORNE. RUNNIG WILD, THE NEXT INDUSTRIAL
REVOLUTION.MCGRAW-HILL, BERKELEY 1979

4 - J. BECKER. FIAST BOOK OF INFORMATION SCIENCE.
ERDA. OAK RIDGE, T N 1973

5 - W. R. CORLISS . TELEOPERATORS: MAN'S MACHINE
PARTNERS. ERDA. OAK RIDGE,TN 1972

6 - B. FORD. FUTURE FOOD. WILLIAM MORROW
NEW YORK 1978

7 - L.R. BROWN. BY BREAD ALONE. PRAGER.
NEW YORK 1974

8 - E. F. SCHUMACHER. SMALL IS BEAUTIFUL.
HARPER AND ROW. NEW YORK 1975

9 – W. RYBCZYNSKI. PAPER HEROES. ANCHOR
NEW YORK 1980

10– I. ASIMOV. EARTH, OUR CROWDED SPACESHIP
FAWCETT CREST, GREENWICH,CON. 1974

11– R. STOBAUGH. ENERGY FUTURE. BALLANTINE.
NEW YORK 1980

12– L. GUTENMACHER. TEACHING MACHINES.
MOSCOW

13– W. CORLISS COMPUTERS. ERDA, OAK RIDGE, TN 1973

14– J. DUNLOP. AUTOMATION AND TECHNOLOGICAL CHANGE.
PRENTICE-HALL, NEW JERSEY 1962

15 – A.R. ANDERSON. MIND AND MACHINES.
PRENTRICE-HALL, NEW JERSEY 1964

16 – H. MURRELL. MEN AND MACHINES. METHUEN.
LONDON 1976

17 – J. ROSE. AUTOMATION. OLIVER AND BOYD.
LONDON 1967 .

18 – N. WIENER. THE HUMAN USE OF HUMAN BEINGS,
CYBERNETICS AND SOCIETY. AVON. NEW YORK 1967.

19 - F.H. GEORGE. CYBERNETICS (COMPUTER SCIENCE STUDIES). TEACH YOURSELF BOOKS.HOLDER AND STOUGHTON LTD. 1976.

20 - ASIMOV GUIDE TO SCIENCE I . THE PHYSICAL SCIENCES, PENGUIN BOOKS, 1979

21 - J. F. YOUNG. CYBERNETICS. LONDON ILIFFE BOOKS LTD.1969.

22 - J. ROSE. SURVEY OR CYBERNETICS. LONDON ILIFFE BOOKS LTD. 1969.

23 - ASIMOV GUIDE TO SCIENCE II : THE BIOLOGICAL SCIENCES. PENGUIN BOOKS, 1979.

المراجـــع الألمانيـــة

1 - A.J. LERNER. GRUNDZUEGE DER KYBERNETIK.
TECKNIK, BERLIN 1970 .

2 - G. KLAUS. KYBERNETIK UND ERKENNTNIS THEORIE.
DVW, BERLIN 1972 .

3 - G. KLAUS. KYBERNETIK UND GESELLSCHAFT.
DVW. BERLIN 1973 .

4 - G. KLAUS. MODERNE LOGIK. DVW.BERLIN 1972 .

5 - G. KLAUS. KYBERNETIK IN PHILOSOPHISCHER SICHT.
BERLIN 1964 .

6 - G. KLAUS. WOERTERBUCH DER KYBERNETIK.
DIETZ, BERLIN 1969 .

7 - L. TRAEGER. MOLEKULARBIOLOGIE.
GUSTAV FISCHER. STUTTGART 1975 .

8 - F. CIZEK/D.HODANOVA.EVOLUTION ALS SELBST REGULATION.
GUSTAV FISCHER. JENA 1971 .

9 - G. PAULIN. RECHENTECHNIK UND DATENVERARBEITUNG.
TECHNIK.BERLIN 1971 .

10 - L. WUNDERLICH. NETZPLANTECHNIK. DIETZ. BERLIN 1969.

11 - B. KRAGER. DECKER. GRIFF NACH DEM GEHIRN.
KOEHLER-AMELANG. LEIPZIG 1972.

12 - J. BORMANN. ELEKTRONISCHE DATENVERARBEITUNG.
Bd.1-4. WIRTSCHAFT. BERLIN 1971.

13 - GRUNDLAGEN DER AUTOMATISIERUNG.
FACHBUCHVERLAG. LEIPZIG 1971.

14 - W.W. KAFAROW. KYBERNETISCHE METHODEN IN DER CHEMISCHEN
TECHNOLOGIE. AKADEMIE-VERLAG. BERLIN 1971.

15 - W. DUECK.OPERATIONS FORSCHUN 6.Bd.1-3.DVW.BERLIN 1971.

16 - W. HOLLITSCHER. DIE NATUR. GLOBUS,WIEN 1965.

17 - W. HOLLITSCHER. DER MENSCH. GLOBUS, WIEN 1969.

18 - A.A. SWORYKIN. GESCHICHTE DER TECHNIK.
FACHBUCHVERLAG. LEIPZIG 1967.

19 - R.W. MARKS. COMPUTERRECHNEN SCHRITTFUER SCHRITT.
HUMBOLDT, MUENCHEN 1973.

20 - H. LAITKO. WEGE DES ERKENNEES. DVW. 1969.

21 - S. ROWENSKI.MASCHINE UND GEDANKE. URANIA LEIPZIG 1962.

22 - F. LOESER. WIE GROSS IST DER MENSCH ?
NEUES LEBEN. BERLIN 1973.

23 - W. HOLLITSCHER. TIERISCHES UND MENSCHLICHES.
GLOBUS, WIEN 1971.

24 - C.F.V. WEIZSAECKER. EINHEIT DER NATUR.
HANSER. MUENCHEN 1974.

25 - K. KAPLICK. DATENVERARBEITUNG IN DER VERFAHRENSTECHNIK.
GRUNDSTOFF INDUSTRIE. LEIPZIG 1969.

26 - G. JESCHKE. PROZESSMESSTECHNIK. TECHNIK 1970.

27 - H. SEMRAD. GRUNDLAGEN DER BMSR-TECHNIK.
TECHNIK . BERLIN 1970.

28 - F. VESTER. NEULAND DES DENKENS.DVA, STUTTGART 1980.

29 - A.L. LEHNINGER. BIOENERGETIK. GEORG THIEME.
STUTTGART 1974.

30 - H.G. SCHLEGEL. ALLGEMEINE MIKROBIOLOGIE.
GEORG THIEME. STUTTGART 1976.

31 - M. WARNER. COMPUTERGESELLSCHAFT. KOENIG. MUENCHEN 1973.

32 - W. FISCHEL. KOENNEN TIERE DENKEN ? URANIA. LEIPZIG 1970.

33 - G. OBERMAIR . MENSCH UND KYBERNETIK.
HEYNE. MUENCHEN 1976.

الفهرس